

N° d'enregistrement
au C.N.R.S.
A.O. 5422

THESE DE DOCTORAT D'ETAT ES-SCIENCES NATURELLES

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES
de PARIS

par

Melle Annik BRUN

pour obtenir

le grade de Docteur Es-Sciences

Sujet de la thèse : LES APPLICATIONS DE LA PALYNOLOGIE A L'ETUDE
GEODYNAMIQUE DU MASSIF VOLCANIQUE DU MONT-DORE

Soutenue le 27 Mars 1971

devant la Commission d'Examen

MM.	L. GLANGEAUD	Président
	H. FAURE	Examineurs
	A. PONS	
	Melle S. DUPLAIX	

N° d'enregistrement
au C.N.R.S.
A.O. 5422

THESE DE DOCTORAT D'ETAT ES-SCIENCES NATURELLES

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES
de PARIS

par

Melle Annik BRUN

pour obtenir

le grade de Docteur Es-Sciences

Sujet de la thèse : LES APPLICATIONS DE LA PALYNOLOGIE A L'ETUDE
GEODYNAMIQUE DU MASSIF VOLCANIQUE DU MONT-DORE

Soutenue le 27 Mars 1971

devant la Commission d'Examen

MM. L. GLANGEAUD Président
H. FAURE Examineurs
A. PONS
Melle S. DUPLAIX



REMERCIEMENTS

=====

Mes remerciements et ma reconnaissance vont tout d'abord à Monsieur H. GAUTHIER et à Monsieur L. GLANGEAUD.

Monsieur H. GAUTHIER, qui m'a offert la possibilité de travailler sous la direction de Monsieur L. GLANGEAUD et à qui j'exprime tous mes regrets, ne pouvant au dernier moment faire partie de mon jury de thèse.

Monsieur L. GLANGEAUD, pour la confiance qu'il m'a accordée dès mon entrée dans son laboratoire, pour l'intérêt qu'il a porté à mes travaux et les moyens qu'il m'a donnés pour leur réalisation, enfin pour m'avoir initiée, grâce à sa compétence et à son dévouement, aux techniques de la Géologie moderne.

Je voudrais également remercier tout particulièrement Monsieur A. PONS qui m'a ouvert les portes de son laboratoire de Palynologie, m'accordant ainsi toutes les facilités de travail, qui m'a guidée dans cette discipline aux confins de la Botanique, de la Géologie et de la Paléoclimatologie et qui a bien voulu accepter d'être mon rapporteur.

Enfin, il m'est agréable de remercier ici Monsieur H. FAURE d'avoir bien voulu accepter d'être Membre examinateur de mon jury, ainsi que Mademoiselle S. DUPLAIX qui me parraine depuis mon entrée au C.N.R.S.

Mais ce mémoire n'aurait pu être mené à bien, sans le dévouement et la compréhension de Mademoiselle G. ENARD et de Monsieur H. HUBERT, dessinateurs au laboratoire de Paris et sans l'appui

dévoué de l'équipe de Thonon-les-Bains, avec Monsieur P. OLIVE et notamment Mesdemoiselles M. LECRAZ et A.M. CHIARA, Mesdames J. TESSIER et C. DUCHAMP. Qu'ils trouvent tous ici l'expression de ma vive reconnaissance pour l'aide efficace et compétente qu'ils m'ont apportée.

A V A N T - P R O P O S

=====

L'application des méthodes palynologiques à l'étude de la région du Mont-Dore est une entreprise délicate. En effet, cette région du Massif Central représente, à la fois, un *massif montagneux* dont les sommets culminaient primitivement à 2 500 m et un *massif volcanique complexe*. Considérant séparément chacun de ces deux facteurs, nous croyons devoir tout d'abord souligner les difficultés des problèmes abordés.

LE MONT-DORE, EN TANT QUE MASSIF MONTAGNEUX.

Malgré l'influence de l'homme sur un certain nombre de groupements végétaux, il y a une tendance "depuis une centaine d'années à une évolution générale vers les conditions primitives de la végétation" (A. LUQUET, 1926). La répartition actuelle des associations végétales peut donc nous donner un premier aperçu de ces difficultés.

Les études de A. LUQUET montrent que cette répartition est fonction de l'altitude, de l'orientation des versants, de la direction des vallées. La végétation se répartit en trois étages, dont les limites climatiques diffèrent entre les versants est et ouest, à cause de l'inégale répartition d'humidité ⁽¹⁾.

- Etage inférieur du Chêne, avec une limite supérieure de 820 m à l'W et au N et de 950 m à l'E.

=====

(1) Sur le versant occidental du massif soumis à une forte dominance océanique du climat, les précipitations sont supérieures à 1 200 mm. Par contre, sur le versant oriental (à Chambon), les précipitations diminuent. A Saint-Nectaire, elles ne sont plus que de 583 mm. (G. CUSSET et B. de LACHAPELLE, 1961).

- Etage moyen du Hêtre, descendant à 730 m vers l'W et seulement à 780 m vers l'E. Cette essence prospère surtout entre 900 m et 1 100 m, mais peut monter jusqu'à 1 500 m. Les hêtraies sont assez développées au S et à l'E du massif (G. CUSSET et B. de LACHAPPELLE, ibid.). Le Sapin (*Abies alba*⁽¹⁾) se développe largement entre 950 et 1 200 m. Absent vers l'E, à cause d'une insuffisance d'humidité, il se développe surtout dans les vallées brumeuses orientées NS, comme celles de Vendeix et du Cliergue, où le Hêtre par contre est par endroit absent.

- Etage alpin, à partir d'une altitude moyenne de 1 500 m. Les groupements de cet étage, comme ceux des lacs et des tourbières, ont échappé en grande partie à l'influence de l'homme et peuvent être considérés comme naturels (A. LUQUET).

Le Pin sylvestre spontané se concentre aux faibles altitudes à l'E où le climat est plus sec.

Des études récentes de J. HEIM (1967) ont montré que dans la pluie pollinique, l'apport *local* (au lieu de prélèvement de la pluie pollinique) était de 60 %, l'apport du *voisinage* (1 à 500 m) : 10 %, l'apport *régional* (500 m à 10 km) : 30 % et *lointain* (au-delà de 10 km) : négligeable. Cet auteur a montré également que ces différentes valeurs restaient à peu près constantes (analyses faites en Belgique, dans les Ardennes françaises, en Ecosse, Allemagne et Corse). Dans notre région montagneuse, l'apport *régional* groupera les pollens des végétaux des différents étages.

=====

(1) Pour les noms d'auteurs accompagnant les espèces, nous nous référons aux ouvrages de L. PARDE et P. FOURNIER.

LE MONT-DORE, EN TANT QUE MASSIF VOLCANIQUE.

Les séquences polliniques sont enregistrées principalement dans les dépôts cinéritiques lacustres ou volcano-sédimentaires. Or, étant donné la complexité des phénomènes volcaniques, ces séquences sont discontinues à la fois dans le temps et dans l'espace.

- dans le temps : au cours des périodes d'activité volcanique intense, il se produit des émissions brutales de brèches, nuées ardentes, cinérites à blocs, projections grossières et coulées qui n'emprisonnent pas de pollens et qui par conséquent interrompent les séquences polliniques des dépôts qu'ils coiffent ou qu'ils ravinent. Ces émissions brutales, éventrant cônes ou flancs de montagne, entraînant même la vidange de lacs, détruisent localement les couvertures forestières : elles modifient ainsi, dans un secteur plus ou moins large et pour une durée plus ou moins longue, les pluies polliniques.

- dans l'espace : une paléomorphologie très complexe et le mode de dépôt particulier des projections volcaniques par voie sèche ou aqueuse, réduisent la continuité horizontale des séquences. Le jeu des failles entraîne, soit une érosion sur les flancs des massifs ou dans le lit des rivières, soit un remblaiement ou la formation de lacs éphémères, dont les dépôts enregistreront la végétation d'une période de durée relativement limitée. Ces phénomènes provoqués par l'instabilité du substratum liée au volcanisme peuvent être amplifiés par des phénomènes beaucoup plus généraux : *variations climatiques* ou *géondation* ⁽¹⁾ (L. GLANCEAUD, 1968), entraînant des surcreusements ou remblaiements du réseau hydrographique. Enfin, après leur mise en place, souvent les dépôts sont fracturés en petits compartiments, décalant ainsi les séquences dans l'espace.

=====

(1) *Déformations de l'écorce terrestre à grand rayon de courbure.*

Ces problèmes complexes se posant dès l'abord de l'étude palynologique de notre région, il a paru nécessaire de définir un vaste programme de recherches :

- Etude des phénomènes actuels en palynologie ou "dynamique" des pollens :

. pluies polliniques, transport des pollens et leur sédimentation dans les vases lacustres actuelles du Mont-Dore ;

. relations spectres-environnement actuel, dans le but d'une interprétation climatique plus solide, plus précise et plus juste des relations spectres-environnement dans les dépôts lacustres fossiles.

- Application stratigraphique et paléoclimatique de la palynologie sur les formations volcaniques et volcano-sédimentaires du massif du Mont-Dore, avec étalonnage en âge absolu d'une échelle "palyno-stratigraphique" propre à un massif montagneux.

Etant donné l'ampleur de ce programme, nous nous sommes limitée, dans un premier temps, essentiellement aux applications stratigraphiques et climatiques de la palynologie : ce sera l'objet de ce mémoire. Pour pallier aux inconvénients précités, nous nous sommes efforcée :

- d'obtenir un échantillonnage le plus complet possible,
- de tenir compte simultanément de tous les facteurs concourant à perturber les séquences et qui sont, en résumé :

- la paléomorphologie complexe,
- le substratum instable,
- les facteurs climatiques,
- la nature et le mode de dépôt particulier des sédiments volcaniques.

A cette étude paléobotanique, seront associées celles de la sédimentologie (minéraux lourds), géochimie, gravimétrie, paléomagnétisme, géochronologie absolue.

La deuxième partie de ce programme sur les phénomènes actuels en palynologie sera entreprise ultérieurement. Cette étude est déjà amorcée par l'équipe du laboratoire de Pneumo-Phtisiologie du Professeur CHARPIN à Marseille ⁽¹⁾, qui analyse les pluies polliniques dans le Mont-Dore et leurs relations avec la végétation environnante.

=====

(1) *Nous remercions, à cette occasion, Mme M. MALLEA et Melle M. SOLER d'avoir bien voulu nous communiquer leurs relevés polliniques mensuels.*

F I G U R E 1
=====

REPARTITION GEOGRAPHIQUE DU VOLCANISME FRANCAIS ET GRANDES STRUCTURES
VOLCANOTECTONIQUES DU MASSIF CENTRAL

(d'après L. GLANGEAUD, A. BRUN, C. BOBIER et coll., 1969, simplifié)

- 1 - Socle hercynien. 2 - Bassin oligocène. 3 - Volcanisme oligo-
miocène. 4 - Volcanisme plio - villafranchien et quaternaire.
5 - Volcanisme quaternaire moyen et supérieur. 6 - Failles (f').



Figure 1 : Répartition géographique du volcanisme français et grandes structures volcanotectoniques du Massif Central

I N T R O D U C T I O N

=====

Deux grandes unités tectoniques divisent le Massif Central. Dans sa partie occidentale, la pénéplaine anté-oligocène reste stable jusqu'au Pontien. Dans sa partie orientale, elle se fracture à l'Oligocène, déterminant une série de "horst" et de "graben".

Au Pontien, consécutivement à la géondation de l'Europe occidentale (L. GLANGEAUD, 1968), la pénéplaine subit des déformations à grand rayon de courbure. Ainsi, se constitue l'antéclise de la Margeride qui, volcanisé (chaîne des Puys, Mont-Dore, Cézallier), se fracture secondairement, déterminant localement des fossés d'effondrement volcano-tectoniques, tels celui de la Bourboule, le Mont-Dore (figure 1).

Les études sur le massif volcanique du Mont-Dore ont débuté dans la première moitié du siècle dernier avec G. POULETT-SCROPE (1827). De nombreux géologues par la suite se sont intéressés à cette région. Parmi les travaux les plus remarquables, il faut citer : ceux de A. MICHEL LEVY (1884, 1890, 1899, 1909) et A. LACROIX (1890, 1908) pour la pétrographie des roches volcaniques, ceux de A. LAUBY (1910), pour l'étude des diatomées et ceux de l'Abbé BOULAY (1892), R. de LA VAULX (1920) et P. MARTY (1920, 1936) pour la paléobotanique.

Mais, c'est à Ph. GLANGEAUD, éminent paléovolcanologue, que nous devons d'avoir jeté les bases de la stratigraphie détaillée du massif volcanique Montdorien (1901-1902, 1918, 1919a-b-c), établi les relations entre le volcanisme et les dislocations du substratum (1917a, 1919d-e) et abordé les problèmes complexes des glaciations (érosion et dépôts), qui ont envahi la région et qui l'ont modelée à plusieurs reprises (1917b, 1920, 1925).

En 1925, grâce à la richesse des documents remarquables accumulés par cet Auteur, l'état des recherches était le suivant :

Quatre groupes volcaniques principaux constituent le massif du Mont-Dore :

- le *Sancy* au S,
- la *Banne d'Ordanche* - *Puy Gros* - *Puy Loup* au N,
- l'*Aiguiller* et le groupe *adventif* à l'E.

Chacun est constitué de volcans secondaires, pour la plupart alignés sur des fractures.

Ce vaste ensemble volcanique repose, à la fois, sur des compartiments exhausés et effondrés d'un substratum disloqué suivant deux directions privilégiées : SW-NE à l'W et NS à l'E. Ces fractures séparent le massif en trois unités tectoniques :

- A l'W des failles SW-NE de la Bourboule et du bois du Charlet : compartiment granitique exhausé au niveau de Murat-le-Quaire, la Banne d'Ordanche, Orcival.

- A l'E de la faille NS des Monaux : "horst" granitiques de Montmié, Surain, lac Chambon, ce dernier limité par la faille de Varennes.

Entre ces deux systèmes de failles, un compartiment effondré, vaste dépression couvrant un secteur de 100 km², compris entre la Banne d'Ordanche, le lac de Guéry et le Sancy.

En 1943, L. GLANCEAUD redonne un nouvel essor aux recherches paléovolcanologiques, en publiant une synthèse des résultats obtenus par son Père et lui-même, l'amenant à définir *la théorie fondamentale des magmas et leur évolution géochimique*. C'est alors que dès cette époque, L. GLANCEAUD donne aux recherches une direction nouvelle, créant la "Géodynamique" permettant à partir d'un ensemble opérationnel important d'établir des liaisons entre des phénomènes très différents.

En 1965, une synthèse coordonne l'ensemble des résultats pétrologiques, géochimiques et paléomagnétiques (figure 2).

L'existence de la fosse d'effondrement et ses principales lignes de fractures se trouvent confirmées et précisées par la sismique (J.F. TROTEL, 1963) et la gravimétrie (S. CORON, L. GLANGEAUD et coll., 1964) (figure 3).

C'est sur la base de ces données nouvelles et dans l'optique de la Géodynamique, que nous avons en 1966 entrepris l'étude palynologique de cette région. Après un exposé consacré à la *méthodologie* (première partie), sera faite l'étude proprement dite stratigraphique et palynologique du massif. La subdivision régionale des unités volcanotectoniques, fosse d'effondrement - "horst" granitiques, sert de plan de travail à cette étude :

- zone occidentale de la fosse d'effondrement, avec les formations de la *Bourboule* et de *Vendeix* (deuxième partie),
- bordures granitiques septentrionale et orientale de la fosse, avec la série de *Chambon* (troisième partie),
- zone orientale et méridionale de la fosse, avec les formations du *Rossignolet*, de *Queureuilh*, de la *Tache* et en annexe, celles du *Sancy* (quatrième partie).

Ce découpage régional correspond dans ses grandes lignes aux coupures chronologiques.

La complexité des phénomènes volcaniques et des dépôts qui en résultent nous ont amené dans l'étude de chacune de ces formations à procéder par étapes successives :

- 1er temps : Etude lithologique.

F I G U R E 3

=====

STRUCTURES VOLCANOTECTONIQUES DU MASSIF DU MONT-DORE

(d'après L. GLANGEAUD, 1943 et L. GLANGEAUD et coll., 1965)

1 - Principales failles définies par la gravimétrie ou l'observation directe (traits pleins) ou supposées (tiretés), d'après les données volcanotectoniques. 2 - Principaux centres éruptifs en rapport avec ces dislocations. 3 - Courbes 45 740 et 45 800 reportées d'après la carte aéromagnétique de la France au 1 000 000ième (agrandies à l'échelle de la figure). 4 - Courbes isograves.

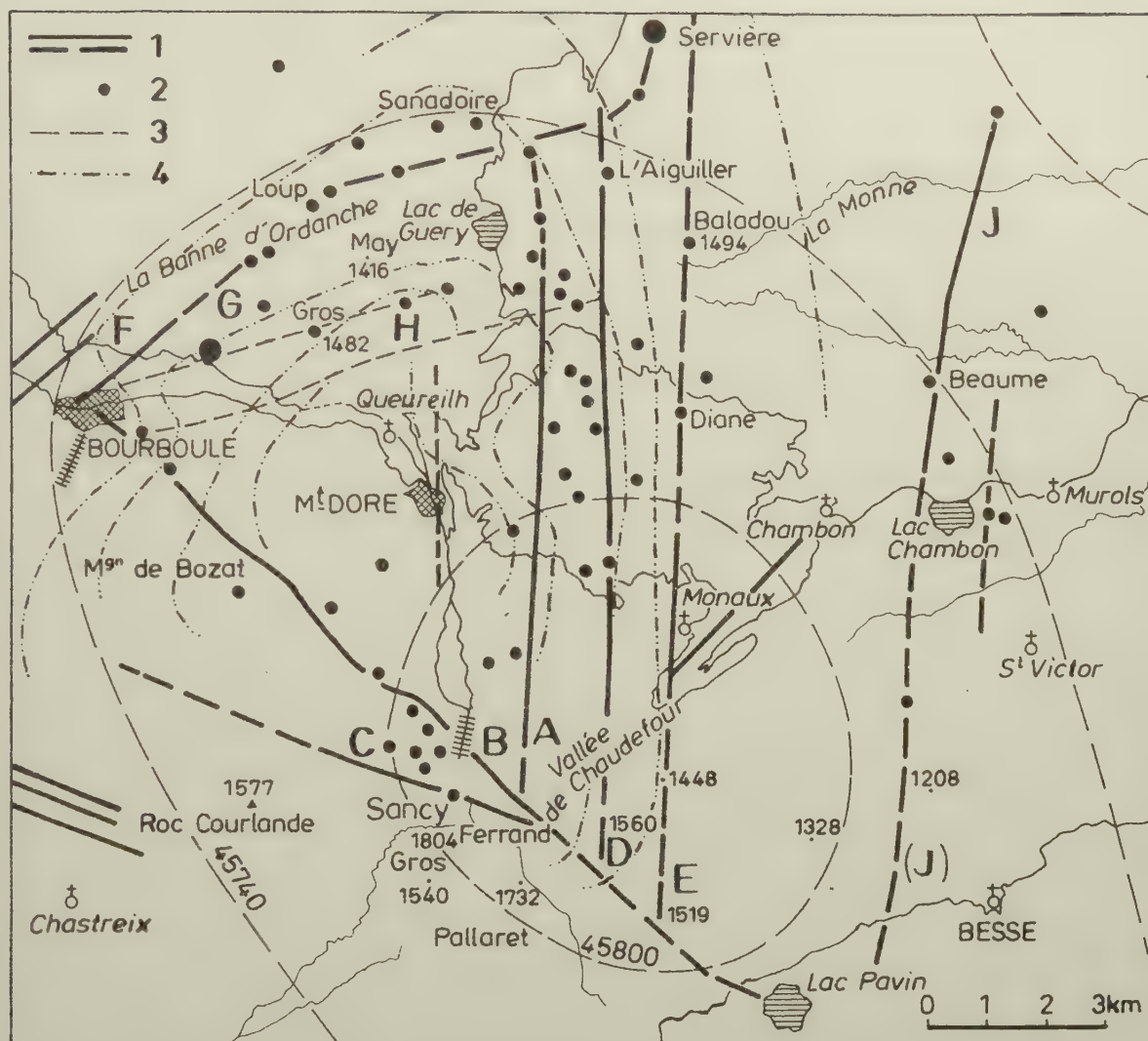


Figure 3 : Structures volcanotectoniques du massif du Mont-Dore

- 2e temps : Etude palynologique. Emplacement des séries dans l'échelle de la stratigraphie palynologique que nous avons choisie, celle des Pays-Bas. Analyse comparative des flores du Mont-Dore avec celles, d'âge identique, du Massif Central et d'Europe.
- 3e temps : Corrélations des données polliniques avec celles du paléomagnétisme et de la géochronologie.

Un chapitre de synthèse permettra de coordonner tous ces ensembles dans le temps et dans l'espace.

P R E M I E R E P A R T I E

M E T H O D O L O G I E

P R E M I E R C H A P I T R E

PALYNOLOGIE

I - METHODE D'ANALYSE. REPRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS.

A) NATURE DES SEDIMENTS ANALYSES.

Plusieurs types de sédiments ont été analysés : des *lignites*, *argiles sapropéliennes* ⁽¹⁾, *argiles sableuses*, *cinérites* et *tufs*. Les cinérites, *cendres volcaniques déposées dans un lac*, sont souvent associées à des ponces plus ou moins abondantes (séries de la Bourboule et du Rossignolet). Les tufs sont plus grossiers. Ils peuvent inclure également des ponces, mais plus petites et plus rares. Ils contiennent toujours des granules de roches volcaniques variées qui deviennent abondants lorsqu'ils constituent le ciment de la cinérite à blocs (série de Vendeix). Ils peuvent être massifs ou finement lités (série de la Tache). Enfin, ces divers types de projections contiennent parfois des débris organiques (séries de Vendeix et de Queureuilh).

B) MODE DE PREPARATION DES ECHANTILLONS.

L'extraction et la concentration des grains de pollens et spores dans les sédiments ont été faites suivant le procédé chimique,

=====

(1) "*Sapropèle*" : terme créé par H. POTONIE (in A. LAUBY, 1910, p. 58) qui désigne une gelée brune humique mélangée à des argiles en quantité variable et riche en débris organiques.

avec décantations et centrifugations :

- Attaque de la silice par l'acide fluorhydrique à 70 % à froid ou à chaud.

- Elimination des fluosilicates par des ébullitions successives dans une solution d'acide chlorhydrique dilué à 25 %.

- Attaque de la matière organique par une solution de potasse à 10 % à chaud, suivie d'une *acétolyse* (d'après G. ERDTMAN, in C. SITTLER, 1955 ⁽¹⁾) après lavage à l'eau distillée bouillante.

La chloration ⁽²⁾ a été faite exceptionnellement sur des lignites.

Le comptage de la préparation, montée en glycérine pure, s'effectue sur une surface de 22 x 32 mm.

Le nombre total d'échantillons soumis à l'analyse pollinique a été de 255. Parmi ceux-ci, 86 ont fourni des spectres suffisants pour la réalisation des diagrammes (soit 56 700 déterminations microscopiques).

L'état de conservation et la concentration des pollens ⁽³⁾ et spores sont variables suivant les échantillons, mais il est à noter qu'il sont particulièrement bons dans les cinérites fines, les argiles sapropéliennes ou les cinérites à ponces.

=====

(1) 7 à 9 parties d'anhydride acétique pur $(CH_3 CO)_2O$ et 3 à 1 parties d'acide sulfurique concentré, $SO_4 H_2$.

(2) 3 à 5 cm³ d'acide acétique glacial pur $(CH_3 COOH)$, 4 à 5 gouttes d'une solution saturée de chlorate de potassium (ClO_3K) et 1 cm³ d'acide chlorydrique concentré pur (ClH) .

(3) Bien que le mot "pollen" désigne la substance, nous utiliserons ce terme pour "grains de pollen".

Tous les prélèvements ont été effectués en affleurement après nettoyage des coupes et avec toutes les précautions nécessaires pour éviter les pollutions atmosphériques.

C, REPRESENTATION GRAPHIQUE DES POURCENTAGES. DIAGRAMMES.

Etant donné la prédominance des pollens d'arbres sur les pollens d'herbacées dans la majorité des échantillons analysés, et afin de simplifier les calculs, les pourcentages de pollens et spores ont été calculés *en fonction du nombre total d'arbres* (ΣAP)⁽¹⁾. Dans ce nombre, sont inclus le Saule et le Coudrier. Les arbustes sont exclus, à l'exception des *Myricacées*. En effet, nous avons inclus cette famille dans la catégorie des "types de transition"⁽²⁾, qui entre dans la composition des "diagrammes des groupes parasociologiques d'arbres"⁽³⁾.

A part quelques exceptions, le nombre de pollens d'arbres compté par échantillon est supérieur à 150.

Chaque échantillon fournit un spectre sporo-pollinique dont les pourcentages sont représentés graphiquement par des *histogrammes*⁽⁴⁾.

(1) Somme des pollens d'arbres (*Arboreal Pollen*). Dans le texte, les pourcentages sont donnés en fonction de cette somme. Dans le cas exceptionnel où les pourcentages sont calculés en fonction du nombre total de pollens et spores comptés, les pourcentages seront accompagnés de $AP + NAP$ (*Arboreal Pollen + Non Arboreal Pollen*).

(2) Voir définition p. 20.

(3) Voir définition p. 17.

(4) Etant donné l'espacement de l'échantillonnage, les histogrammes des différents niveaux pour un taxon donné n'ont pas été réunis entre eux ; ceci, pour éviter des interpolations sur certaines variations de la végétation qui pourraient être erronées.

L'ensemble de ces spectres, dans une série définie, constitue un *diagramme*.

Le classement des échantillons sur l'axe d'ordonnée des diagrammes tient compte de deux facteurs : la *paléomorphologie* et l'*existence de failles*.

- Au sein des séries, les dépôts sont parfois emboîtés les uns dans les autres. Le classement des échantillons est établi, non pas en fonction de l'altitude des sédiments auxquels ils appartiennent, mais en fonction de l'*ordre chronologique* dans lequel ces sédiments se sont déposés.
- Certaines séries sont faillées. Il paraît par conséquent indispensable pour pouvoir comprendre les variations qualitatives et quantitatives des constituants de la flore, de séparer les diagrammes correspondant à chacun des compartiments. On verra, dans ce cas particulier, que *les résultats palynologiques sont en accord avec les observations de tectonique*.

Les diagrammes sporo-polliniques sont de deux types : *diagrammes dissociés* et *diagrammes cumulatifs*.

1) Les diagrammes dissociés.

Deux diagrammes traduisent graphiquement de façon dissociée les pourcentages des pollens et spores des taxons rencontrés ⁽¹⁾. Le

(1) Les pourcentages inférieurs à 0,9 sont représentés par des croix. Dans certains échantillons où la rareté des pollens ne permet pas l'établissement de pourcentages, les taxons sont représentés soit par des points (quand nous les avons tous figurés) soit par des cercles (quand nous avons figuré seulement les taxons les plus fréquents).

premier représente les arbres (Myricacées comprises), dont la somme des fréquences égale 100. Le second représente les arbustes, herbacées ⁽¹⁾ et Pteridophytes, dont la fréquence est calculée par rapport à cette somme des arbres.

2) Les diagrammes cumulatifs.

Ces diagrammes sont établis à partir des pourcentages cumulés de groupes végétaux bien définis. Ils sont de deux types :

- Le *diagramme total* qui comprend :
 - Arbres (AP) + herbacées (NAP) + Pteridophytes + Varia ⁽²⁾.
- Le *diagramme des groupes parasociologiques d'arbres* avec :
 - Types tertiaires + types de transition + Feuillus européens + Conifères.

a) Définition des groupes parasociologiques.

A l'image des groupements de taxons utilisés par certains auteurs pour l'étude de la végétation plio-villafranchienne, ⁽³⁾ nous avons également défini des groupes parasociologiques ⁽⁴⁾,

=====

(1) En ce qui concerne les Cyperacées, leur détermination est malaisée à cause de leur mauvais état de conservation. Leurs pourcentages polliniques doivent être considérés avec prudence, sous-estimant en général la représentation réelle de cette famille.

(2) Varia : pollens indéterminables ou (et) indéterminés.

(3) (W.H. ZAGWIJN, F. FLORSCHUTZ, F. LONA, H. WALTER et H. STRAKA, H. ELHAI).

(4) Au sujet des diverses catégories de groupements, B.de JEKHOWSKY (1958, p. 1401) ayant parlé de groupes sociologiques, ajoute : "Par contre, ce que l'on pourra plus facilement réunir, ce sont les formes dont les variations individuelles sont plus ou moins concomitantes et dont l'évolution d'ensemble sera ainsi plus accentuée que celle de chacune d'elle considérée séparément. On obtiendra alors des groupes parasociologiques".

qui tiennent compte des données générales en même temps que des caractéristiques végétales propres à la flore plio-villafranchienne du massif du Mont-Dore.

Les coupures entre ces groupes s'appuient sur des critères stratigraphiques et paléoclimatiques. Elles peuvent paraître un peu rigides et arbitraires, mais elles sont susceptibles d'être modifiées dans la mesure où des recherches palynologiques futures apporteraient des données supplémentaires sur la végétation à cette époque.

GROUPE I : Types tertiaires.

Les "types tertiaires" sont des formes développées au Pliocène, qui, pour certaines, disparaissent définitivement à la limite plio-villafranchienne, pour d'autres, ne se retrouvent que très épisodiquement et en très faible pourcentage au cours des périodes de réchauffement du Villafranchien.

A l'exception de deux genres (*Myrica* et *Celtis*), ces types représentent des essences exotiques dont voici la liste et leur répartition actuelle :

Cedrus : Himalaya, Asie Mineure, Nord de l'Afrique.

Podocarpus : Actuellement dans le S-E asiatique jusqu'en Australie, Nouvelle Zélande et Indonésie, dans l'E et le S-E de l'Afrique, l'Amérique Centrale et l'W de l'Amérique du Sud.

Pseudotsuga : Actuellement dans l'W des Etats-Unis et le S-E asiatique (Chine et Japon).

Taxodiacees : Parmi les pollens de Taxodiacees, trois types sont à distinguer sur la base de la morphologie.

- Les uns à morphologie tranchée appartiennent incontestablement au genre *Sciadopitys*.

- Les autres peuvent être rapportés, avec une marge d'appréciation non négligeable, à deux types qui groupent chacun plusieurs genres.

- Le "type *Taxodium*" groupe les genres *Taxodium* (l'Amérique Centrale et S-E de l'Amérique du Nord) et *Glyptostrobus* (Chine du Sud).

- Le "type *Sequoia*" groupe les genres *Sequoia* (région côtière de l'Orégon et de Californie), *Wellingtonia* (versants occidentaux de la Sierra Nevada en Californie centrale), *Cryptomeria* (Japon), *Metasequoia* (Chine) et *Cunninghamia* (Chine et Japon).

Pour des raisons de commodité, nous remplacerons "type *Taxodium*" et "type *Sequoia*" simplement par *Taxodium* et *Sequoia*.

Liquidambar : Dans l'E des Etats-Unis et le S-E asiatique,
Nyssa : Asie orientale, Malaisie et Amérique du Nord atlantique.

Ulmacees : Parmi les Ulmacees, nous avons retenu le genre *Celtis*. Bien que l'indigénat de l'espèce *C. australis* ne soit pas impossible (A. PONS, 1969) nous avons préféré placer ce genre, à postériori, dans le groupe I, parce qu'il a été trouvé surtout dans les dépôts pliocènes et qu'il ne s'agit pas forcément de l'espèce *C. australis*.

Symplocos : Dans le S-E asiatique et en Malaisie.

Engelhardtia : Dans l'E, le S-E asiatique et l'Amérique centrale.

"Triporés" à rapporter à la morphospèce *Triatriopollenites bituitus* (R. Pot.) Th. et Pf. (cf. infra p. 59 : voisin de *Ostrya carpinifolia* ou *Carpinus orientalis*).

"Monocolpé " (cf. infra p. 57 : à rapporter soit à *Ginkgo* soit à un Palmier).

"Inaperturé échinulé" : sporomorphe connu dans le Mont-Dore, seulement au Pliocène.

Quercoidites henrici (R. Pot.) R. Pot., Th. et Thierg.

Quercoidites microhenrici (R. Pot.) R. Pot., Th. et Thierg.

Selon P. W. THOMSON et H. PFLUG (1953), ces deux morphospèces appartiennent au Cupulifères, apparentées au genre *Quercus*.

Tricolpopollenites liblarensis (Th.) *fallax* (R. Pot.) Th. et Pf. et *T. libl.* (Th.) *liblarensis* (Th.)
Th. et Pf.

Tricolporopollenites megaexactus (R. Pot.) *exactus* (R. Pot.)
Th. et Pf.

GROUPE II : Types de transition.

Les "types de transition" sont des formes bien développées au Pliocène au même titre que les précédentes, mais qui persistent au Villafranchien avec des pourcentages variables et disparaissent pour la plupart définitivement du continent européen à une période du Quaternaire qui est certainement variable pour chacune et qui n'est pas actuellement nettement définie (A. PONS, 1969). Il s'agit des formes suivantes :

Pinus type *haploxylon* ⁽¹⁾ : Forme éteinte.

Pinus canariensis C. Smith.

Tsuga : Hemlock des forêts de l'Amérique du Nord. Dans l'Himalaya, en Chine et au Japon.

Juglandacées : *Carya* (hickory de la flore de l'Amérique du Nord.

Ulmacées : *Eucommia* : aire actuelle dans le Sud-Est asiatique (Chine)

Myrica : Non exotique. Une espèce (*Myrica gale*) vit encore actuellement dans le S-W, l'W et le N de la France. Ce genre peut être assimilé à *Triatriopollenites rurensis* Pf. et Th.

Betulacées : *Ostrya carpinifolia* ou *Carpinus orientalis* ⁽²⁾.

=====

(1) Nous groupons, dans ce type, des pollens de Pins à attache de ballonnets très large par opposition aux pollens de Pins du type silvestris, qui ont des ballonnets plus ou moins rétrécis à leur point d'attache sur le corps. La définition du type haploxylon est elle-même donnée par K. RUDOLPH (in A. PONS, p. 562) : "Les sacs se rattachent avec une plus large base, suivant leur grand diamètre ; ils sont de ce fait hémisphériques et distincts du corps du grain par leur ornementation, de sorte que le pourtour du grain complet forme une seule ligne elliptique, ressemblant en cela à *Picea*". Au Villafranchien supérieur cependant, cette forme n'a pas été reconnue avec certitude.

(2) Etant donné la ressemblance entre les pollens d'*Ostrya carpinifolia* et de *Carpinus orientalis*, il ne nous a pas été possible de séparer ces deux genres. Ces formes ont été reconnues avec certitude dans les sédiments pliocènes, mais non dans les dépôts villafranchiens du Mont-Dore.

Nous avons rattaché à ce groupe des types de transition, des genres de Feuillus européens qui vivent actuellement dans le Massif Central, *mais qui ne sont pas spontanés*. Comme pour les formes précédentes, on ignore à quelle période précise du Villafranchien ou du Quaternaire elles ont disparu du Massif Central. Voici ces différents genres ou espèces, [̄indications sur leur répartition actuelle et leur introduction en Europe selon : M. CHASSAGNE (1956), M. CHADEFAUD et L. EMBERGER (1960), Cd^t d'ALLIZETTE (1960), P. FOURNIER (1961) , H. WALTER et H. STRAKA (1970), L. PARDE (1961-1962)]̄.

- Castanea sativa* : Genre originaire d'Asie Mineure et introduit en Europe au Vème siècle avant J.C.. Absent dans le Mont-Dore.
- Aesculus hippocastanum* : Spontané dans les Balkans. Introduit vers 1 600.
- Platanus orientalis* : Actuellement en Europe méridionale. Introduit au 1er siècle.
- Platanus occidentalis* : Actuellement dans l'E des Etats-Unis. Introduit au XVIIème siècle.
- Juglans* : Actuellement le genre a des représentants dans la Jamaïque, en Amérique du Nord et du Sud, Grèce, Asie occidentale et orientale. L'espèce *J. regia* est spontanée en Europe méridionale et en Asie occidentale jusqu'à l'Himalaya ; elle existe actuellement dans le Mont-Dore jusqu'à 1 000 m dans la région de Besse, où elle est incontestablement introduite.

En ce qui concerne les Cupressacées, il est malaisé de distinguer cette famille de celle des Taxacées et les déterminations génériques en son sein, d'après l'étude de la morphologie des espèces actuelles, posent des problèmes sans solution. Aussi, les déterminations du genre *Cupressus* faites par J. SAUVAGE (in F. MANHES et J. SAUVAGE 1969, 1971) doivent être considérées comme hasardeuses ainsi que les conclusions stratigraphiques qui en découlent.

D'après M. VAN CAMPO (1953), s'il est possible de distinguer parmi les 14 genres de Cupressacées : *Cupressus*, *Juniperus* et *Chamaecyparis*, par une fréquence plus grande du pseudopore (fréquence établie sur la base de l'étude de population de grains d'identité connue), par contre, aucun caractère ne permet de séparer, en particulier, *Cupressus* de *Juniperus*.

La taille :

- Elle varie de 27 à 38 μ (moyenne 29 μ) chez *Cupressus* et de 22 à 35 μ (moyenne 25 μ) chez *Juniperus*.

Les granulations :

- Chez *Cupressus*, elles sont parfois grosses, souvent moyennes, assez denses et régulièrement réparties, soit moyennes, peu denses et irrégulièrement réparties ;
- Chez *Juniperus*, elles ont un aspect variable, avec de nombreuses modalités : elles sont de grosseur moyenne, denses et régulièrement réparties, soit peu denses et irrégulièrement réparties, grosses ou très grosses et irrégulièrement réparties.

Nous groupons sous le vocable de Taxacées - Cupressacées, des pollens inaperturés, intectés, à bacules bien visibles, irrégulièrement réparties sur la surface du grain. Ces pollens ont été reconnus avec certitude dans les sédiments pliocènes mais non villa-

franchiens. Cependant, pour les deux raisons suivantes, il ne leur sera accordé aucune valeur stratigraphique :

- les Taxacées existent actuellement dans nos régions montagneuses,

- les Cupressacées groupent un certain nombre de représentants exotiques, mais comprennent également le genre *Juniperus* représenté par des espèces actuellement communes depuis le bord de la mer jusqu'à 3 500 m d'altitude dans des groupements et des milieux très variés.

Déjà W.H. ZAGWIJN (1960) et A. PONS (1964) soulignaient les difficultés de détermination des pollens de Cupressacées et les avaient éliminées de la somme de base ("basic pollen-sum").

GROUPE III : Feuillus européens.

Ce groupe associe les genres indigènes suivants : *Betula*, *Corylus*, *Carpinus* (*C. orientalis* exclus), *Quercus*, Ulmacées, *Tilia*, *Acer*, Oleacées, etc...

En ce qui concerne les Ulmacées dans les dépôts pliocènes et tigliens, le genre *Zelkova* (actuellement dans l'W et l'E de l'Asie) et l'espèce *Planera aquatica* n'ont pas été séparés du genre *Ulmus*.

GROUPE IV : Conifères.

Ce groupement comporte : *Pinus* type *silvestris*, ⁽¹⁾ *Abies*, *Picea*. Le problème de l'*Epicea* est complexe.

=====

(1) Dans ce type de Pin (voir définition p. 21), se trouvent plusieurs espèces et parmi elles, *P. silvestris* est certainement l'espèce la plus souvent représentée.

- Le genre n'est pas spontané dans le Massif Central, mais seulement dans les Alpes avec l'espèce *P. excelsa*.

- Au Pliocène comme au Villafranchien, il semble qu'on retrouve la dualité spécifique de l'*Epicea*, soulignée par A. PONS (1964, p. 561) dans la région rhodanienne.

N'ayant pu faire avec certitude de distinction spécifique, nous incluons ce genre dans le groupe IV, dont la représentativité est liée aux fluctuations climatiques. Mais il faut préciser qu'un certain pourcentage d'*Epicea*, non évalué par échantillon, devrait être placé dans le groupe II des types de transition.

En ce qui concerne le genre *Tsuga*, H. ELHAI (Senèze, 1969), considérant essentiellement sa valeur climatique, le place dans le groupe des Conifères, celui-ci "supposant une dégradation climatique lorsqu'il devient prépondérant". Nous avons préféré retenir sa signification stratigraphique plutôt que climatique et placer ce genre dans le groupe II des types de transition, au même titre que *Pinus canariensis* et *P. t. haploxydon*.

b) Intérêt des diagrammes cumulatifs.

A côté des diagrammes cumulatifs totaux qui donnent une image globale de la végétation, les diagrammes cumulatifs des groupes parasociologiques d'arbres présentent un double intérêt, en ayant :

- une application stratigraphique, basée sur l'importance relative des différents groupes et en particulier ceux des types tertiaires et de transition.

- une application paléoclimatique, basée sur les proportions relatives des Feuillus et des Conifères.

3) Les diagrammes de déviations.

Ces diagrammes sont établis à partir des déviations ⁽¹⁾ des pourcentages d'un genre ou d'un groupe parasociologique donné, par rapport à leur moyenne.

Le groupe parasociologique choisi est représenté par les essences qui trouvent leur maximum de développement au cours des périodes interglaciaires :

- types tertiaires
- types de transition } Feuillus et Conifères exotiques
- Feuillus européens dits "thermophiles" : Chêne, Orme, Tilleul, Coudrier, Erable, Oleacées.

Nous généraliserons en donnant à ce groupe le nom de "Thermophiles".

Un certain nombre de ces représentants correspond d'ailleurs aux essences dites "médiocratiques", définies par L. VON POST (1946).

Parallèlement, ont été construits les diagrammes de déviations des valeurs du Pin et de l'ensemble : *Tsuga - Picea - Abies* (TPA), à titre de comparaison.

Ces diagrammes de déviations présentent l'intérêt de traduire graphiquement la *dynamique végétale* et par conséquent, les *oscillations climatiques* auxquelles celle-ci est liée.

(1) Définition de la déviation : la déviation de x_1 par rapport à $\underline{a}$, est la différence entre x_1 et $\underline{a}$, soit $x_1 - \underline{a}$. Cette quantité est un nombre algébrique, positif si x_1 est plus grand que $\underline{a}$, négatif si x_1 est plus petit que $\underline{a}$ (A. MONJALLON, 1958).

II - METHODE DE RAISONNEMENT. INTERPRETATION DES RESULTATS.

Nous avons utilisé les résultats polliniques sur le plan stratigraphique et climatique, suivant une méthode de raisonnement que nous allons exposer.

A) MISE EN EVIDENCE DES SERIES.

Au cours de cette étude, il nous est apparu que les diverses formations volcaniques, volcano-sédimentaires et alluviales, pouvaient se rattacher à plusieurs *séries* distinctes, constituant chacune une unité sédimentologique propre. Mais l'ordre de succession de ces séries ne peut pas toujours être établi sur les seules bases du paléomagnétisme ou de la géochronologie.

B) APPLICATIONS DE LA PALYNOLOGIE A L'ETUDE DES SERIES.

1) Chaque série est caractérisée par un ensemble floristique défini, que reflète sa composition sporo-pollinique, dont l'interprétation doit toujours tenir compte de deux facteurs :

- *le cadre géographique dans lequel elle est placée,*
- *les caractères de la végétation régionale de l'époque, fournis par les données floristiques de l'ensemble des séries.*

Par conséquent, chaque série considérée isolément ne présente, par son contenu sporo-pollinique, *aucune* signification stratigraphique.

2) L'échelle de palynologie, définie par W.H. ZAGWIJN dans les dépôts plio-villafranchiens du S-E des Pays-Bas, sert de *référentiel stratigraphique* (figure 4).

Il est entendu que les termes utilisés dans cette échelle et créés à partir de données palynologiques *ne sont pas considérés comme des repères de chronologie absolue* : ils servent à dénombrer et à définir des périodes successives avec des groupes végétaux distincts. Sont également utilisés les termes des glaciations alpines employés pour les subdivisions du Villafranchien du bassin de Leffe, dont les équivalences avec les termes néerlandais ont été proposées par W.H. ZAGWIJN (1957).

3) Les divers diagrammes synthétisant les résultats de l'analyse pollinique des séries montrent que chacune d'elles correspond à certaines pulsations du climat et l'ensemble de ces pulsations peut être ordonné à l'image de la séquence mise en évidence par W.H. ZAGWIJN.

4) Les groupes de types tertiaires et de transition constituent des "repères palynostratigraphiques" permettant de dégager les grandes lignes de la stratigraphie plio-villafranchienne :

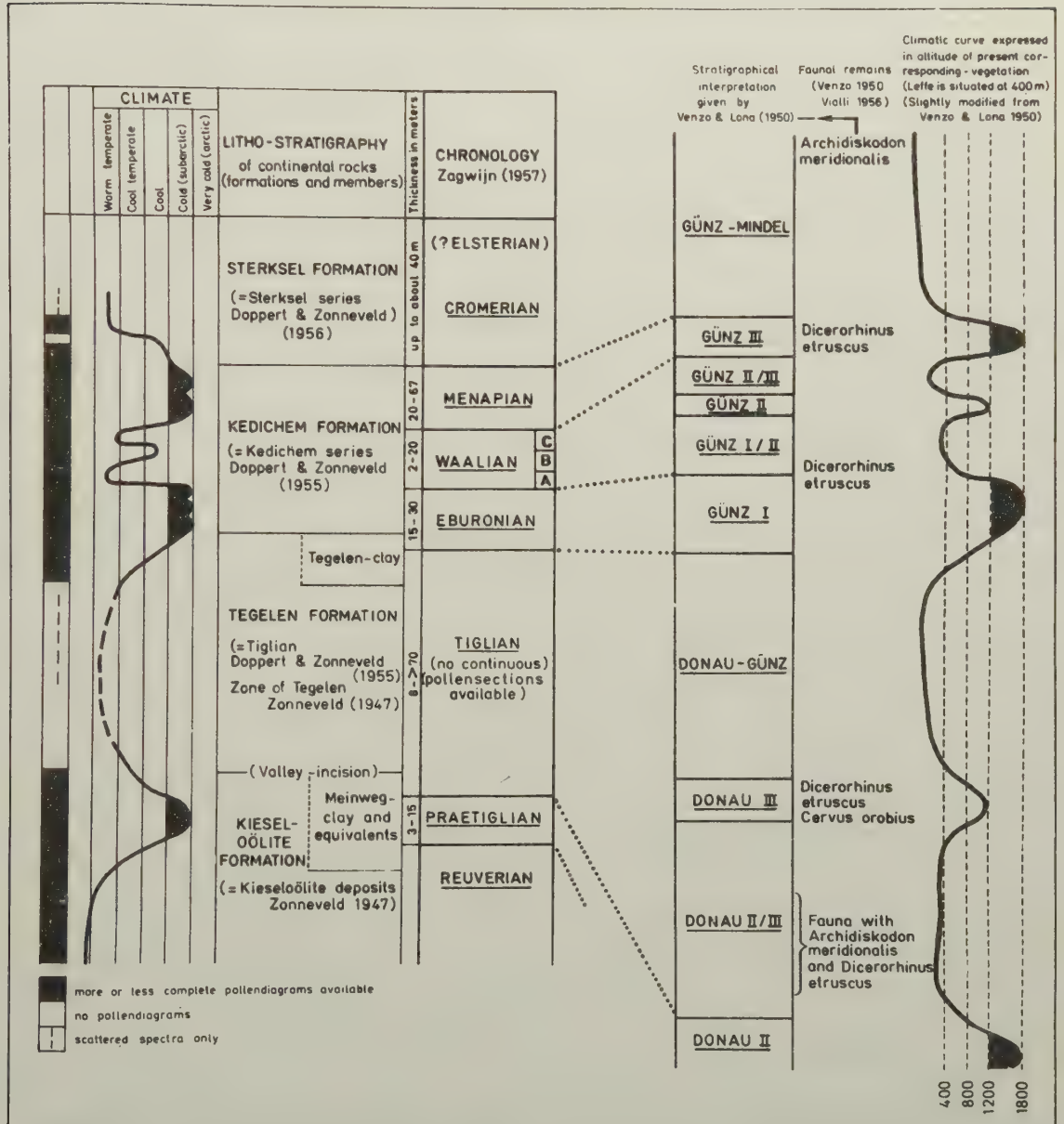
- la forte prédominance de ces deux groupes permet de distinguer le Pliocène du Villafranchien ;
- la fréquence plus ou moins marquée du groupe de transition, associé à des types tertiaires toujours très rares permet, dans le Villafranchien, d'opposer le Tiglien au Prétiglien à l'Eburonien, au Waalien et au Ménapien.

C) APPLICATIONS PALEOCLIMATIQUES DE LA PALYNOLOGIE.

1) Les séries qui sont homogènes du point de vue sédimentologique, le sont moins par leur composition végétale et leurs limites à cet égard ne correspondent pas forcément à des coupures biostratigraphiques du Villafranchien.

Figure 4 : Echelle de référence du Plio-Villafranchien

[Extrait (modifié) : W.H. ZAGWIJN, 1957]



2) Au sein des séries, les pulsations climatiques décelées par l'analyse pollinique correspondent à des phases que nous avons qualifiées de "dégradation climatique" et "d'amélioration climatique".

Nous avons tiré la définition de ces phases du diagramme pollinique d'un sondage complet et relativement voisin, celui de Senèze. Un sondage présente, en effet, par rapport à l'échantillonnage en affleurement, le double avantage de fournir des séquences sporo-polliniques plus complètes et continues, en un unique point.

On parlera, à postériori et arbitrairement, de "dégradation climatique"⁽¹⁾ dans les deux cas suivants :

- lorsque les fréquences de *Pinus t. silvestris* atteignent et dépassent 70 % de AP + NAP
- lorsque les herbacées représentent au moins 50 % de AP + NAP, à condition que dans le pourcentage restant, il y ait plus de 25 % de *P. t. silvestris*, seul ou associé au Bouleau.

=====

(1) Il est entendu que la "dégradation climatique" ainsi définie couvre :

- la période de dégradation climatique avancée
- le "minimum climatique" (par opposition à "optimum climatique")
- l'amorce de l'amélioration climatique suivante.

De même, "l'amélioration climatique" couvre :

- l'amélioration climatique avancée
- "l'optimum climatique"
- l'amorce de la dégradation climatique suivante.

Dans cette conception, le sens de l'évolution climatique dans les périodes de climat peu tranché ne peut être défini à partir de l'ensemble des spectres correspondant à ces périodes "d'équilibre".

Inversement, on parlera "d'amélioration climatique" (1) lorsque les Feuillus atteignent ou dépassent 50 % de AP + NAP. Dans ce cas, ils peuvent être accompagnés d'essences exotiques.

L'utilisation combinée des diagrammes des groupes parasociologiques de AP et du rapport sylve-herbacées est donc indispensable pour une interprétation paléoclimatique correcte. Ceci est confirmé par les études récentes sur les rapports : pluies polliniques - groupements végétaux (J. HEIM, 1967 et H. TRIAT, 1969).

Les alternances, "amélioration climatique" (essentiel de la période interglaciaire) et "dégradation climatique" (essentiel de la période glaciaire) sont mises en évidence par les oscillations des courbes de déviations.

3) Au sein d'une série chaque niveau considéré isolément n'a *aucune* signification climatique.

4) Aucune précision sur la nature des climats et sur le jeu particulier de leurs facteurs, au cours des périodes interglaciaires villafranchiennes, n'est possible au Mont-Dore sur les données floristiques. En effet, une flore interglaciaire qui diffère de celle de l'interglaciaire précédent parce qu'elle comporte beaucoup moins d'essences exotiques, *n'est pas nécessairement moins chaude*. Ceci pour deux raisons :

- les particularités floristiques étaient plus imputables aux caractéristiques climatiques des glaciaires intercurrents qu'à celles des interglaciaires ;
- les caractères quantitatifs étaient par conséquent liés, pour une part impossible à préciser, aux réajustements qu'impliquait l'éclaircissement floristique progressif.

=====

(1) Voir note infra-paginale page précédente.

DEUXIEME CHAPITRE

=====

MINERAUX LOURDS

L'étude des minéraux lourds a été faite suivant la méthode classique de S. DUPLAIX (1958) (S. DUPLAIX, A. BRUN, C. BOBIER, 1971).

En utilisant comme base de réflexion, *la théorie des deux magmas fondamentaux et leur évolution géochimique* (L. GLANGEAUD, 1943 et L. GLANGEAUD, R. LETOLLE, 1965 et voir figure 2), nous avons été amenés tout d'abord, à définir les caractéristiques minéralogiques des différents types de roches issus de ces magmas. Ces roches volcaniques qui ont une composition chimique variant de 75 à 43 % de silice sont représentées par des : *rhyolites, phonolites, trachy-andésites* (sancyite, doréite), *basaltes*.

Puis, dans un second temps, l'étude a été faite sur les projections volcaniques ou dépôts volcano-sédimentaires des séries de la Bourboule, Vendeix, Rossignolet, Queureuilh, la Tache et sur les formations du Sancy. Cette analyse a été réalisée dans le but de définir quelle catégorie de laves était associée à chacune des projections volcaniques ou formations volcano-sédimentaires. Nous nous sommes efforcés d'avoir l'échantillonnage le plus complet possible des différents facies des sédiments volcaniques affleurant dans la région.

1) Roches volcaniques.

Les caractéristiques minéralogiques des roches issues des différents magmas sont les suivantes :

- *Magma rhyolitique* : dans les rhyolites, le *sphène* est abondant, accompagné de *zircon* et plus rarement de *pyroxène monoclinique* ou d'*amphibole*.
- *Magma basaltique* : dans les basaltes, les *pyroxènes monocliniques* sont exclusifs ou dominant largement quand ils sont associés à de l'*amphibole*.
- *Magma hybride* : les trachyphonolites, phonolites et trachy-andésites sont proches des basaltes par leurs minéraux lourds comprenant des *pyroxènes monocliniques* en proportions élevées. On peut parler dans ce cas, de "tendance basaltique".

Les doréites contiennent en proportions toujours faibles du *zircon* et accessoirement de l'*amphibole* et du *sphène*.

Les sancyites peuvent présenter des fréquences assez élevées d'*hypersthène*.

Le diagramme de répartition (figure 5, cartes 2, 3, 4), construit à partir des valeurs relatives des associations *sphène - zircon* et *pyroxène - amphibole*, montre une séparation très nette entre les magmas rhyolitiques d'une part et les magmas basaltiques et hybrides d'autre part. Ce diagramme diffère de ceux établis d'après les compositions chimiques (figures 7 à 10 in L. GLANGEAUD, R. LETOLLE, *ibid.*) dans lesquels il y a une continuité entre les divers types de roches depuis les plus acides jusqu'aux plus basiques.

2) Projections et volcano-sédimentaire.

Le diagramme de répartition minéralogique des roches sert de *référentiel* à l'étude des minéraux lourds des projections et dépôts volcano-sédimentaires. Suivant leur cortège minéralogique, quatre catégories seront distinguées :

- *type rhyolitique* = cortège voisin de celui des rhyolites
- *type basaltique* = cortège voisin de celui des basaltes
- *type hybride* = cortège à tendance basaltique
- *type mixte* = cortège minéralogique *intermédiaire* entre celui des rhyolites d'une part et celui des basaltes et roches hybrides d'autre part. Ce quatrième type est spécifique des projections et du volcano-sédimentaire.

Au cours de cette étude portant sur 78 échantillons, seront mentionnés le (ou les) type qui caractérise chacune des séries.

F I G U R E 5

=====

DIAGRAMME DE REPARTITION MINERALOGIQUE

DES ROCHES VOLCANIQUES DU MONT-DORE

23 - 80 : rhyolite.

02 - 25 - 53 : téphrites, phonolites, trachy-phonolites.

32 - 69 - 76 : sancyites.

06 - 46 - 47 - 48 - 50		doréites
57 - 61 - 62 - 63		

20 - 21 a-b - 30 - 31		basaltes
33 - 37 - 39 - 42		

Le rectangle groupe les échantillons :

	- 25
	06 - 47
	- 20 - 21 a-b - 30 - 31 - 37 - 39 - 42

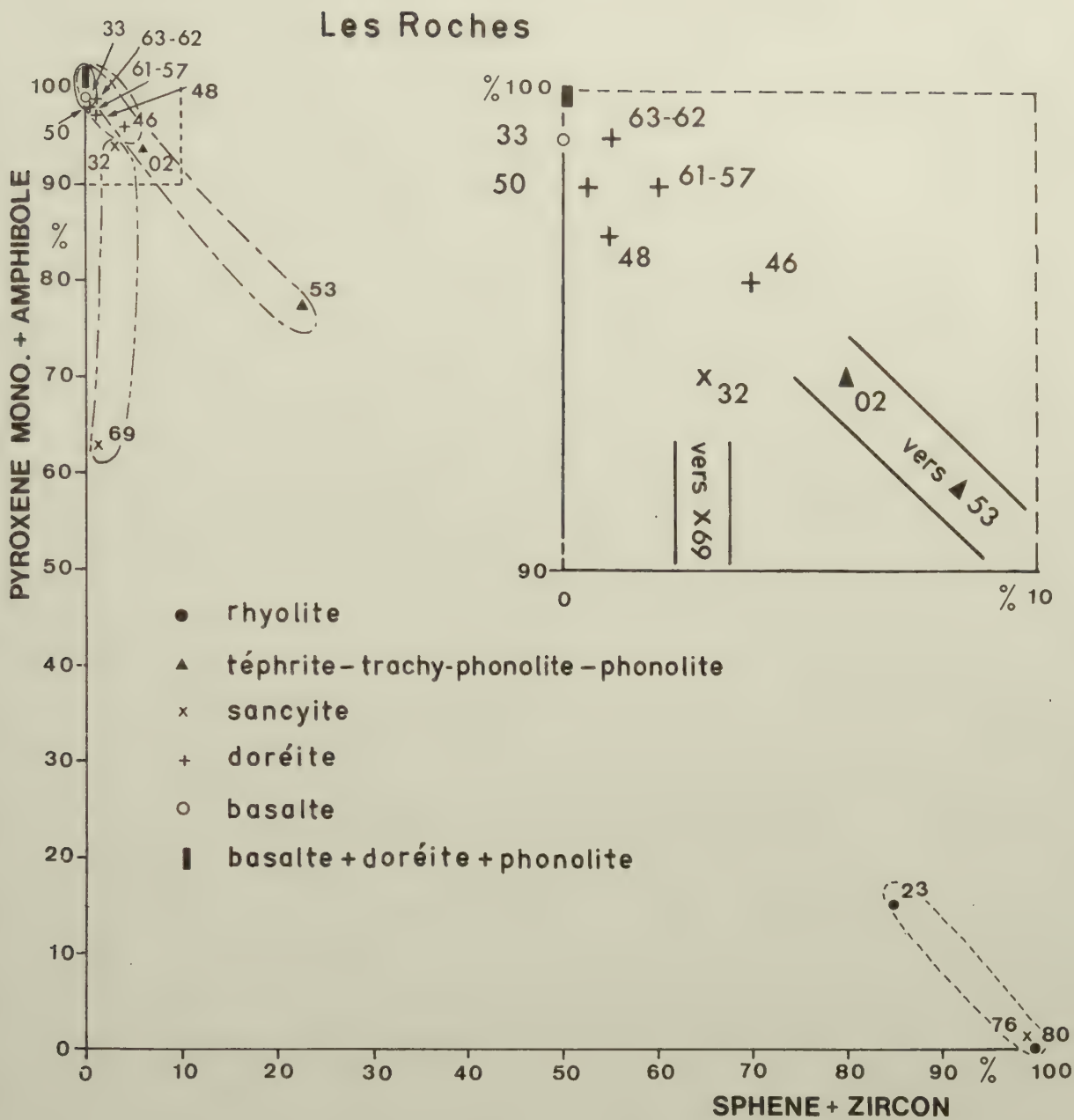


Figure 5 : Diagramme de répartition minéralogique des roches volcaniques du Mont-Dore.

D E U X I E M E P A R T I E

ZONE OCCIDENTALE DE LA FOSSE DE LA BOURBOULE

Le secteur occidental de la fosse d'effondrement volcano-tectonique est limité au S-W par la faille du Sancy (C) et au N-W par un système de failles parallèles à la faille de la Bourboule (G) (voir figure 3).

Les bordures de la route D88 jusqu'à son intersection avec la route D213 et les versants du ruisseau de Vendeix montrent de nombreux affleurements de sédiments volcaniques pliocènes et préti-gliens. Ce secteur est donc particulièrement intéressant, puisqu'il nous permet de fixer la limite Tertiaire - Quaternaire. Cette limite reconnue en divers points d'Europe est fondée principalement sur des critères de *géochronologie*, *paléomagnétisme*, *paléontologie* et *paléo-climatologie*.

HISTORIQUE.

La région de la Bourboule - Fenestre - Vendeix a fait l'objet en 1936 d'une étude détaillée stratigraphique, volcanotectonique et paléo-botanique par L. GLANGEAUD et P. MARTY. L. GLANGEAUD donne la succession stratigraphique suivante de bas en haut (figures 6 et 7) :

- Formation de la Bourboule
- Série de Fenestre
- Cinérite supérieure à blocs

- La formation de la Bourboule est composée de tufs, cinérites, argiles à Diatomées, argiles sapropéliennes, alluvions à galets ou à débris de granite, basalte, rhyolite. Traversée par sondage sur 160 m, cette série comble la fosse d'effondrement volcanotectonique et vient buter à l'W contre le voussoir granitique de la Roche des Fées et du Fohet. Les couches d'argiles à Diatomées et de cinérite plongent de 20° environ vers le S-E. C'est à la partie supérieure de cette série que se situent les niveaux à plantes de Choussy et de la collection Lecoq.

F I G U R E 6

=====

COUPE PASSANT PAR SOUTERRAIN DE CHOUSSY

ET LES SONDAGES HYDROTHERMAUX DE LA BOURBOULE

(d'après L. GLANGEAUD, in P. MARTY et L. GLANGEAUD, 1936)

1 - Granite primaire. 2 - Granite décomposé ou brèche arkosique.
3 - Arkose et sables feldspathiques. 4 - Tuf argileux plastique.
5 - Tuf ou argile micacé. 6 - "Formation de la Bourboule" partie inférieure (tuf, diatomite, argile sableuse avec débris de basalte).
7 - Alluvions à galets et débris de roches (granite, basalte, rhyolite), où les débris basaltiques sont abondants. 8 - "Formation de la Bourboule" partie supérieure (cinérite rhyolitique, argiles à diatomées, argile sapropélieenne à plantes (gros points), tuf à débris trachytiques. 9 - Sables feldspathiques intercalés dans la formation de la Bourboule. 10 - "Formation de Fenestre". 11 - Alluvions récentes. La faille *f* amène les eaux thermales de la Bourboule qui s'épanchent ensuite dans les niveaux sableux et alluviaux.

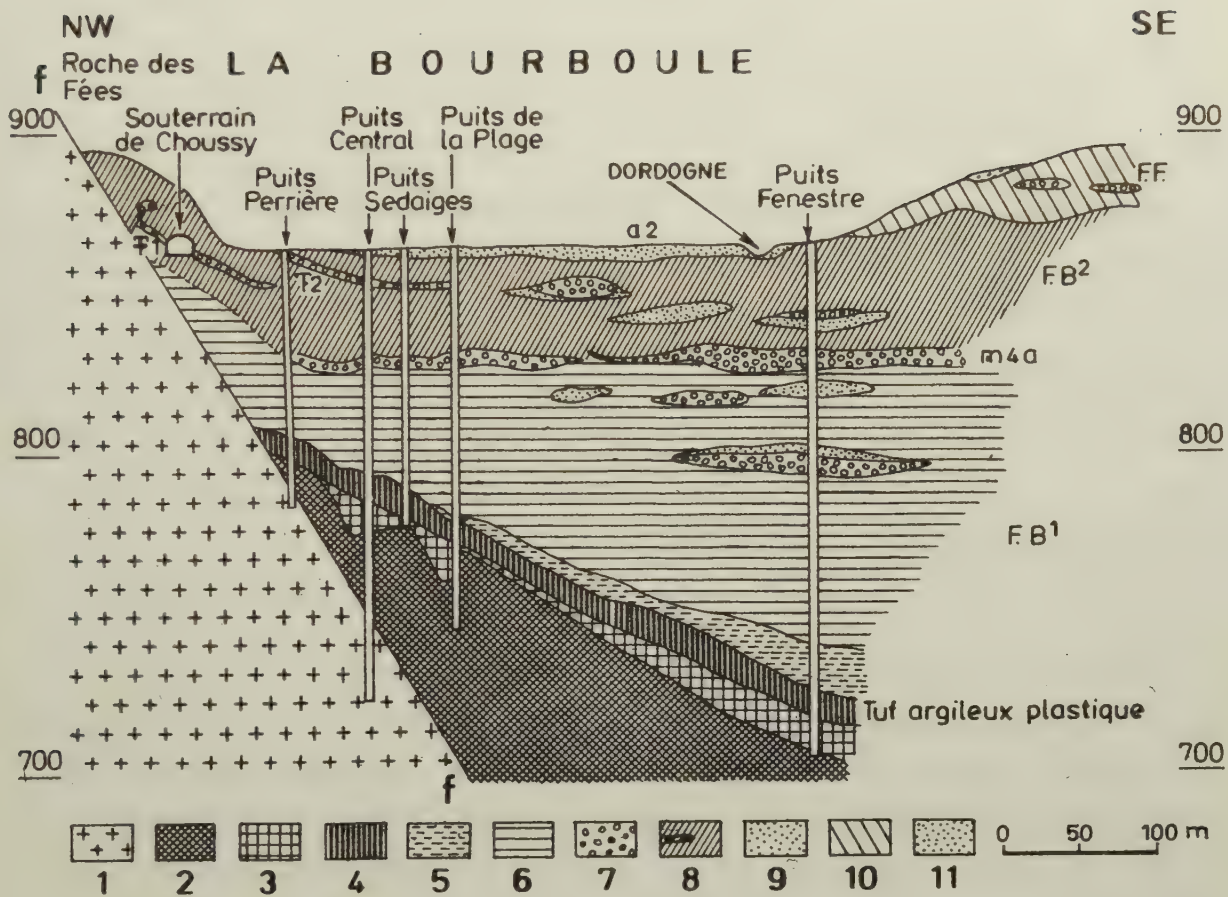


Figure 6 : Coupe passant par le souterrain de Choussy et les sondages hydrothermaux de la Bourboule

- Cette série de la Bourboule est surmontée d'une formation plus détritique de tufs rhyolitiques ou trachytiques à débris basaltiques, de cinérites fines, d'argile à Diatomées et spicules de Spongilles et d'alluvions à galets de granite. C'est la *série de Fenestre*.

- Cette série, enfin, est couronnée par la *cinérite supérieure à blocs* ⁽¹⁾.

Dès 1966, des études polliniques ont été entreprises sur ces sédiments volcaniques (A. BRUN, L. GLANGEAUD, 1967 et A. BRUN, 1967). Les données nouvelles de la microflore, complémentaires de l'étude des empreintes foliaires pour la formation de la Bourboule, ne changent pas fondamentalement la succession stratigraphique si bien définie par les Auteurs précédents.

A la suite de ces études nous avons été amenée à faire une coupure dans la formation de Fenestre.

- Sa partie inférieure affleurant en aval du ruisseau de Vendeix se rattache, palynologiquement, à la série de la Bourboule. Elle en représente peut-être sa partie terminale. Nous discuterons plus loin de la précision avec laquelle la palynologie permet de dater ces terrains.

- La partie supérieure de la formation de Fenestre, le niveau d'alluvions ponceuses et la cinérite supérieure à blocs, appartiennent à un même ensemble que nous intitulerons : *série de Vendeix*.

(1) Il faut préciser que sur la carte d'USSEL, 2ème édition, pour le secteur du Mont-Dore exploré par R. BROUSSE, aucune distinction n'a été faite entre les différentes formations groupées sous le vocable de *cinérite* pt.

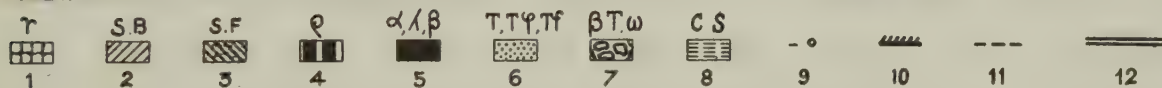
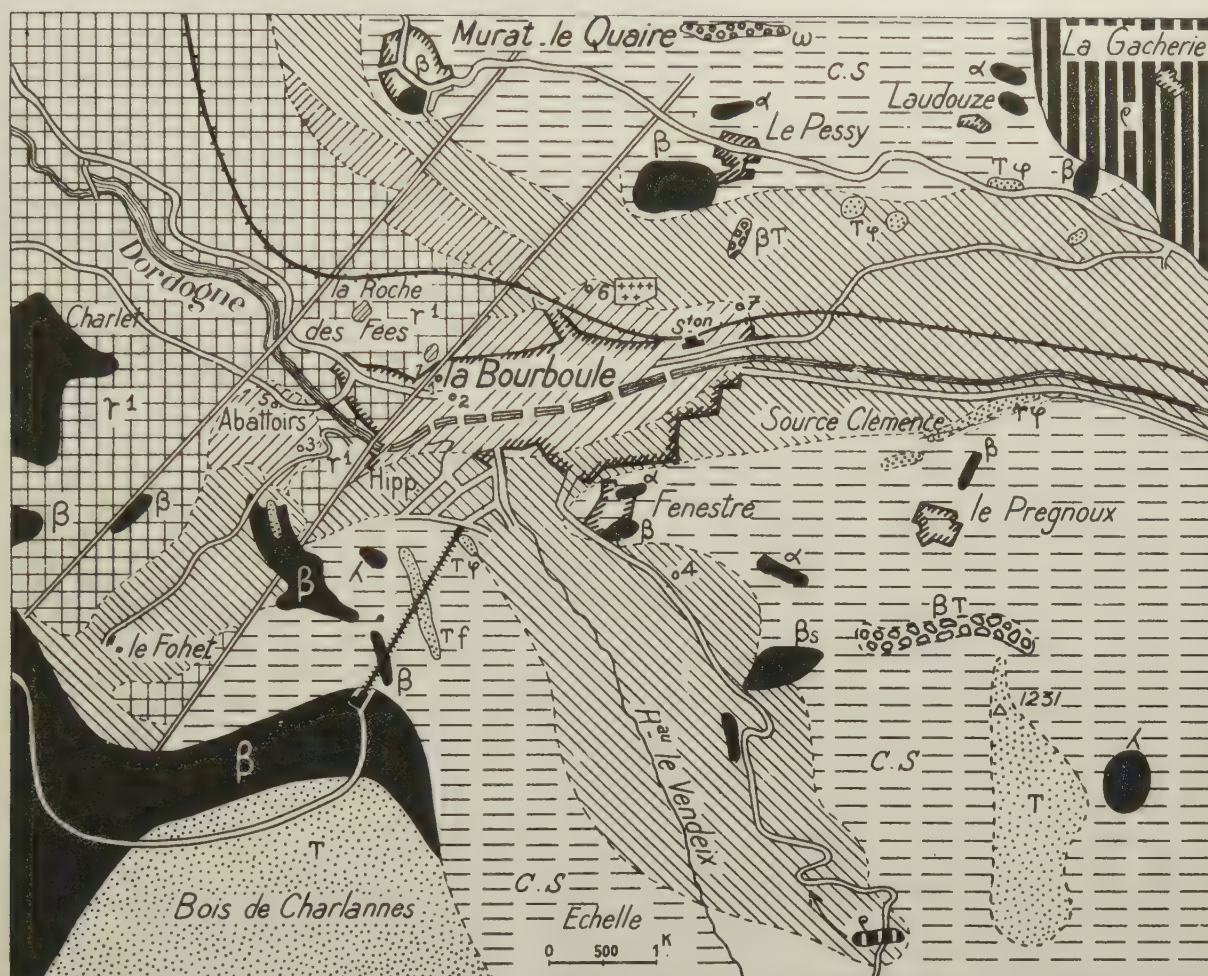


Fig. 7 - Carte géologique des environs de LA BOURBOULE

1 : granite et gneiss. — 2 : « Formation de La Bourboule » (argile à diatomées, argile sapropélie à plantes, alluvions, sables, cinérite rhyolitique). — 3 : « Formation de Fenestre » (argile à diatomées et spicules d'éponges, cinérite sapropélie à plantes, sables et alluvions à débris de rhyolite, de trachyte et de basalte, à la partie supérieure alluvions ponceuses. — 4 : (p) rhyolite et perlite. — 5 : (α) andésite, (λ) labradorite, (β) basalte, (βs) scories basaltiques. — 6 : (T) trachyte (Tφ) trachyte phonolitique, (Tf) hostonite (trachyte quartzifère à arfvedsonite. — 7 : (βT) basanite, ω ordanchite. — 8 : (CS) Cinérite supérieure à blocs. — 9 : gisements ayant fourni des plantes. — 10 : limites des localités. — 11 : contours géologiques. — 12 : faille.

P R E M I E R C H A P I T R E

=====

ETUDE DES SERIES DE LA BOURBOULE ET DE VENDEIX

I - FACIES DES SEDIMENTS.

Très généralement, les sédiments de la série de la Bourboule sont constitués de cinérîte à ponces rhyolitiques (à la Bourboule proprement dit), ou de cinérîte fine, légère, bleutée ou blanche quand elle s'altère, en bancs massifs ou stratifiés (ruisseau de Vendéix). Localement et notamment au Ravin du Creux et sur la route de Vendéix, les cinérîtes fines passent à des argiles sapropéliennes grises, très riches en pollens.

Les sédiments de la série de Vendéix, par contre, sont beaucoup plus grossiers : tufs cinérîtiques à ponces rhyolitiques, tufs graveleux à débris de roches variées, sables et cinérîtes à blocs. Un niveau "d'alluvions ponceuses" a été signalé dans le ravin de Vendéix, au contact de la cinérîte supérieure à blocs (in P. MARTY L. GLANGEAUD, 1936, p. 11). Nous n'avons pas retrouvé d'"alluvions ponceuses" proprement dites, mais nous avons relevé un niveau de cinérîtes ou tufs à ponces, qui pourrait en être l'équivalent. Il se situe entre 930 et 950 m et affleure sur le versant est du ruisseau de Vendéix (sentier des Graffilières), à la base du sentier du ravin du Creux et dans la carrière de la Bughette.

II - STRATIGRAPHIE - PALEOMORPHOLOGIE - TECTONIQUE.

En nous basant sur les grandes lignes de la stratigraphie palynologique du Plio-Villafranchien définie par W.H. ZAGWIJN, nous avons été amenée à définir dans cet ensemble trois périodes successives distinctes :

- | | |
|---------------------------|--|
| - série de la Bourboule = | <i>Pliocène</i> s.l. (1) |
| | <i>Prétiglien de "transition",</i> correspondant au niveau de tufs ponceux |
| - série de Vendéix = | (930 - 950 m) précédemment décrit (1) |
| | <i>Prétiglien "franc" (1)</i> |

L'application de la palynologie à la stratigraphie locale doit tenir compte de deux paramètres d'égale importance :

- un surcreusement important des vallées dans les dépôts pliocènes à la limite plio-villafranchienne,

- l'existence de failles.

La description de plusieurs coupes géologiques va nous montrer que ces deux paramètres sont inséparables des données polliniques, lorsque l'on veut aboutir à une interprétation stratigraphique logique dans ce secteur. Ces coupes sont les suivantes :

(1) Voir les raisons de ces attributions pp. 56-74. En ce qui concerne le Prétiglien de "transition", nous verrons que du point de vue palynologique, ce niveau constitue un terme intermédiaire entre les sédiments pliocènes et prétigliens, indépendamment des lacunes stratigraphiques qui pourraient exister entre eux. N'ayant aucun repère paléontologique pour définir la limite plio-villafranchienne dans notre région, nous le rattacherons arbitrairement à la base du Villafranchien.

- le long de la route D88,
- le ravin du Creux,
- le ravin de l'Eau salée.

1) Le long de la route D88

A l'intersection de la route avec la courbe 1 000, se situe la limite entre les dépôts pliocènes et prétigliens. Les sédiments prétigliens qui viennent buter contre les cinérites pliocènes présentent la succession stratigraphique suivante de bas en haut (figure 8) (1).

- cinérites fines, grises, massives, avec inclusions de débris organiques (1). Elles englobent localement des feuillets d'argile ligniteuse (2) et des lentilles de sables cinéritiques (3). A leur sommet et au contact avec les tufs ponceux sus-jacents, elles sont fortement laminées et comprimées (4).
- tufs ponceux plus ou moins graveleux, en contact oblique avec les cinérites sous-jacentes (5). A leur partie inférieure, s'interstratifie un banc de tufs riches en débris ligneux et en quartz pyramidés (2), dans un ciment cinéritique rougeâtre (6). Ce niveau se retrouve dans le talus de

=====

(1) *Légende des n° 1 à 7 : incluse dans le texte. N° 8 : échantillons pour pollens (voir diagrammes II, III). N° 9 : échantillons pour minéraux lourds.*

(2) *Des quartz bipyramidés rhyolitiques ont été observés par P. BOUT (1951 a et b) dans les dépôts de Perrier (bordure orientale du massif du Mont-Dore) et dans ceux du premier remblaiement (sables à Mastodontes) et du deuxième remblaiement (Roche - Lambert, Saint - Vidal) du Velay.*

la route au point 1 008 où il est recoupé par une rhyolite qui lui est donc postérieure. Ces bancs de tufs à quartz sont parallèles au contact cinérîte - tufs à ponce. L'ensemble plonge sous la route de 15 à 20° environ vers le N-E.

- A leur partie supérieure, les tufs passent à de la cinérîte à blocs à petits éléments (7) qui se généralise en montant dans la série (visible le long de la route). Localement elle est interrompue par des brèches et filons (cote 1 060). Les blocs qui la constituent ne sont jamais très nombreux, ni très gros. Le ciment cinéritique, relativement abondant, s'est révélé localement riche en pollens.

L'extension de cette cinérîte à blocs avait déjà été signalée par L. GLANGEAUD (1936). Il est difficile cependant de savoir si cette cinérîte a une valeur de repère stratigraphique. Sur la rive droite du ruisseau de Vendeix, sa limite inférieure s'abaisse d'amont en aval. Affleurant à 1 010 m au point 1 008 de la route, on la retrouve aux environs de 980 m dans le ravin de l'Eau salée et à 900 m à la sortie sud du village de Fenestre. En outre, elle ne représente pas le terme final de la série volcanique qui comble cette partie de la fosse d'effondrement. On verra, en effet, que dans le ravin de l'Eau salée la cinérîte à blocs est surmontée d'importantes formations de tufs, cinérîtes ou brèches.

- a) Le contact des cinérîtes et tufs prétigliens avec les cinérîtes pliocènes, non directement observable sur le terrain, correspond à une ancienne limite de talweg (coupes I, II, carte 1 et figure 9). En effet, vers 940-950 m, c'est-à-dire en *contrebas des affleurements de Pliocène* (FBB9-10^{x1}),

^{x1} Voir diagrammes II et III.

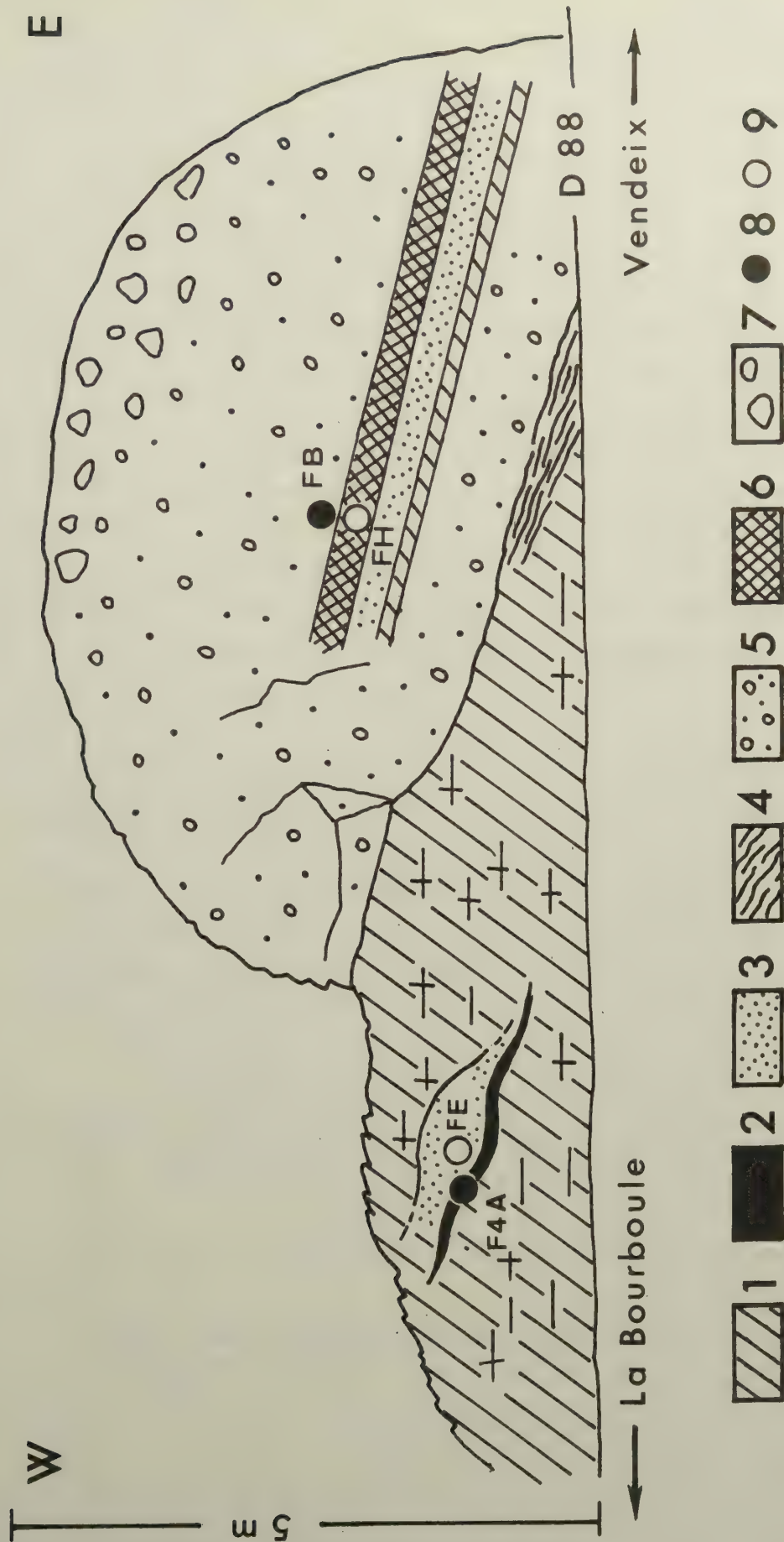


Figure 8 : Affleurement sur la route de Vendéix

affleurent les tufs ponceux du Prétiglien de transition (R1^{x1}). Par conséquent, une vallée surcreusée dans des dépôts pliocènes a été remblayée ultérieurement par les sédiments plus récents.

- b) Les sédiments prétigliens plongent vers le N-E de 15 à 20° environ et les cinérites au contact des tufs sus-jacents sont fortement comprimées et laminées dans la direction générale du pendage. Une fracture est à l'origine de ces phénomènes : elle a joué postérieurement au dépôt des tufs prétigliens, faisant basculer le compartiment nord vers le centre de la fosse (coupe III, carte 1, figure 9). Les dépôts pliocènes sont de même intéressés par cette faille puisqu'ils plongent également sous la route dans la même direction.

La richesse locale en galets ou blocs cinéritiques emballés dans un tuf grossier pourrait être un indice de l'existence de cette fracture. Il s'agirait là d'une brèche de faille, les fragments cinéritiques provenant du compartiment en voie de surélévation. Une analyse pollinique poussée pourrait peut-être permettre de voir une différence de composition végétale entre ces éléments et le ciment de la cinérite à blocs (1).

Cette fracture ou faille de Vendeix, de direction S-E - N-W, paraît se situer dans le prolongement de la faille du Puy de Cliergue - Pavin limitant au S le fossé d'effondrement (faille B, voir figure 3).

(1) Nous verrons cependant qu'une autre explication peut être donnée à ce phénomène (p. 75).

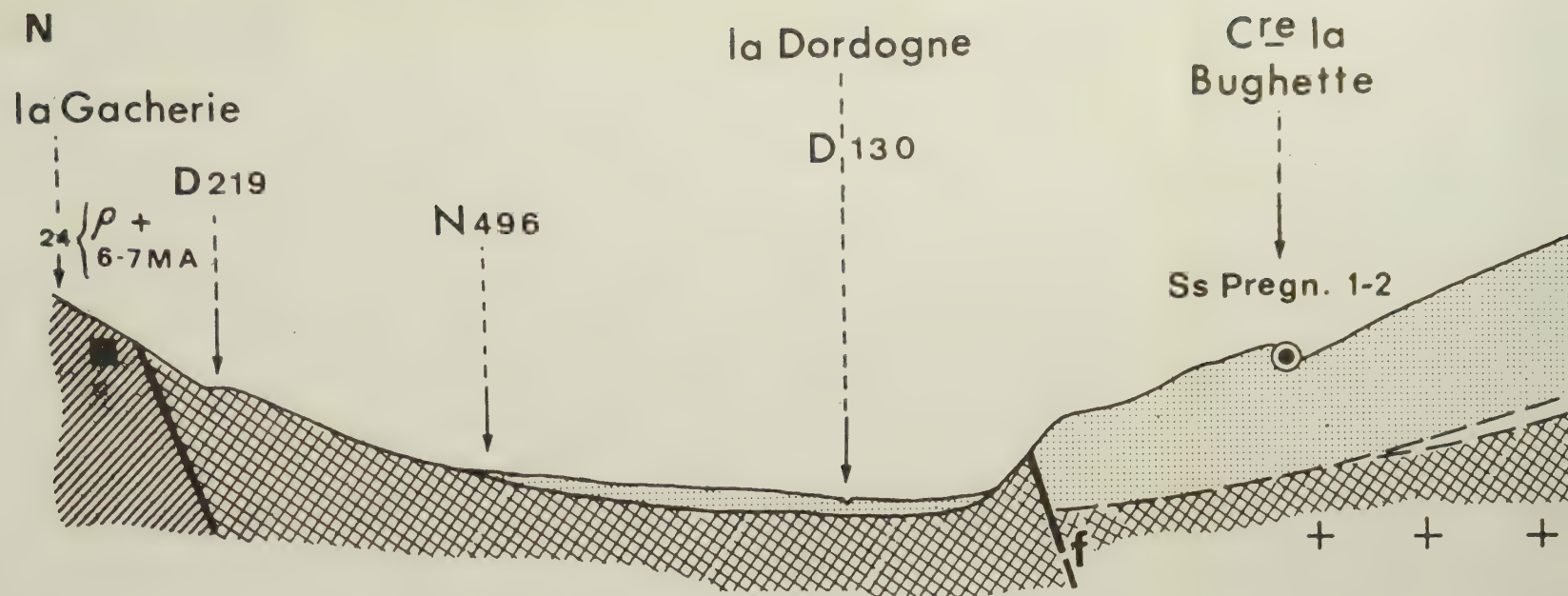
F I G U R E 9
=====

COUPES GEOLOGIQUES DANS LA ZONE OCCIDENTALE DE LA FOSSE

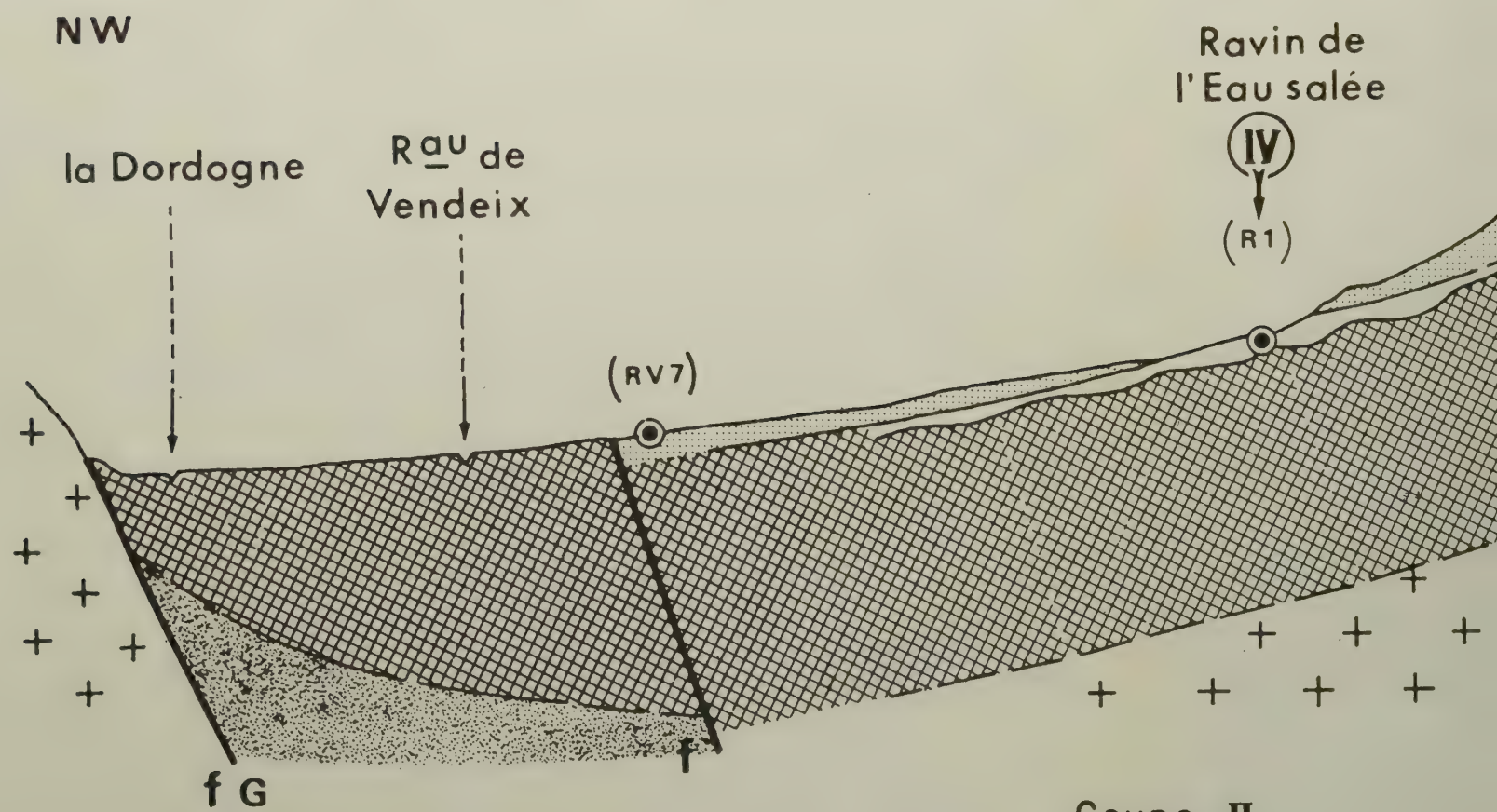
1 - Socle cristallin. 2 - Granite décomposé ou brèche arkosique.
3 - Rhyolite. 4 - Pliocène. 5 - Prétiglien de "transition".
6 - Prétiglien (a : tufs, sables cinéritiques et cinérites. b : cinérites à blocs). 7 - Scories basaltiques.

Prélèvements et numéros d'échantillons : 8 - Pollens. 9 - Minéraux lourds. 10 - Pollens + Minéraux lourds. Les références des échantillons situés au voisinage des coupes sont entre parenthèses.
11 - Prélèvement pour paléomagnétisme, avec signe d'aimantation (C. BOBIER) et âge ($MA = 10^6$ années) (24, voir carte 2). 12 - Points d'intersection avec les autres coupes géologiques (voir carte 1).

f : failles (*fG* : faille de la Bourboule. *fB* : faille de Cliergue - Pavin ou de Vendeix.

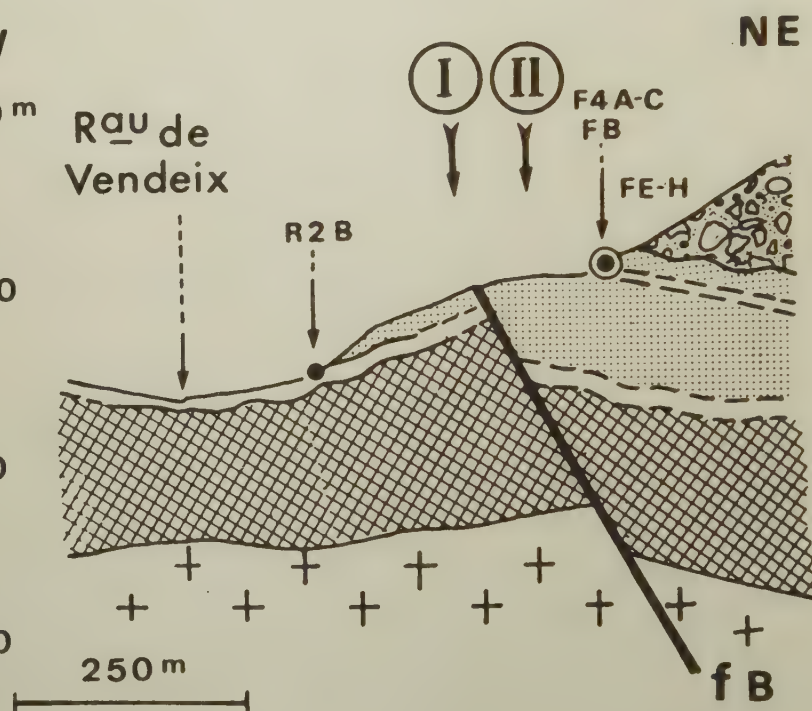
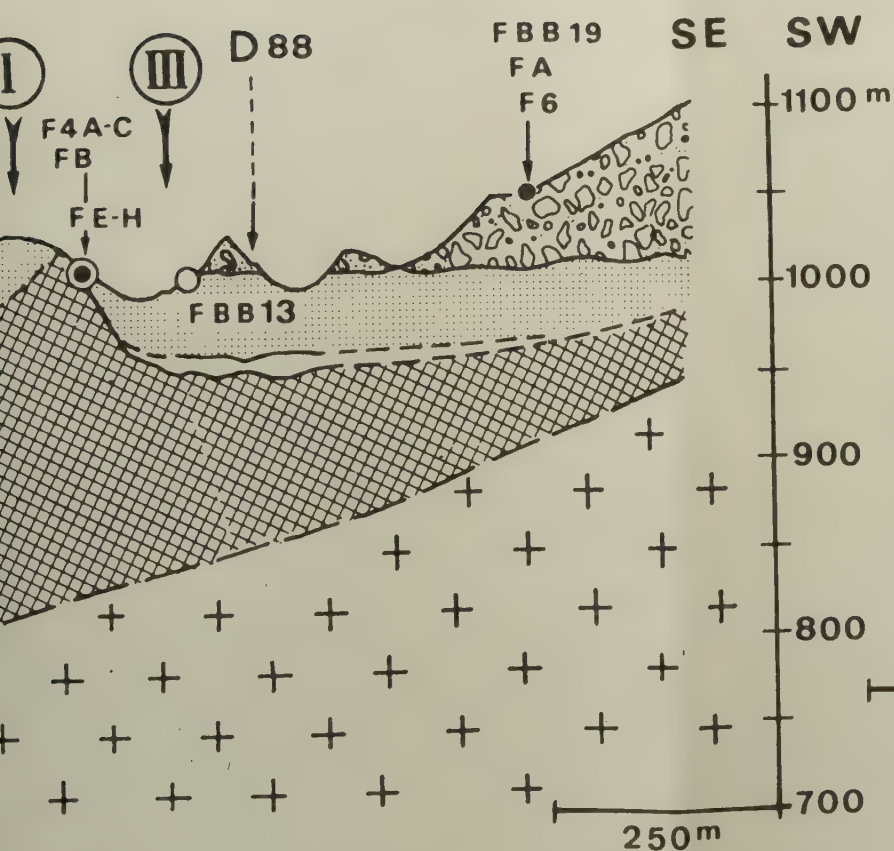
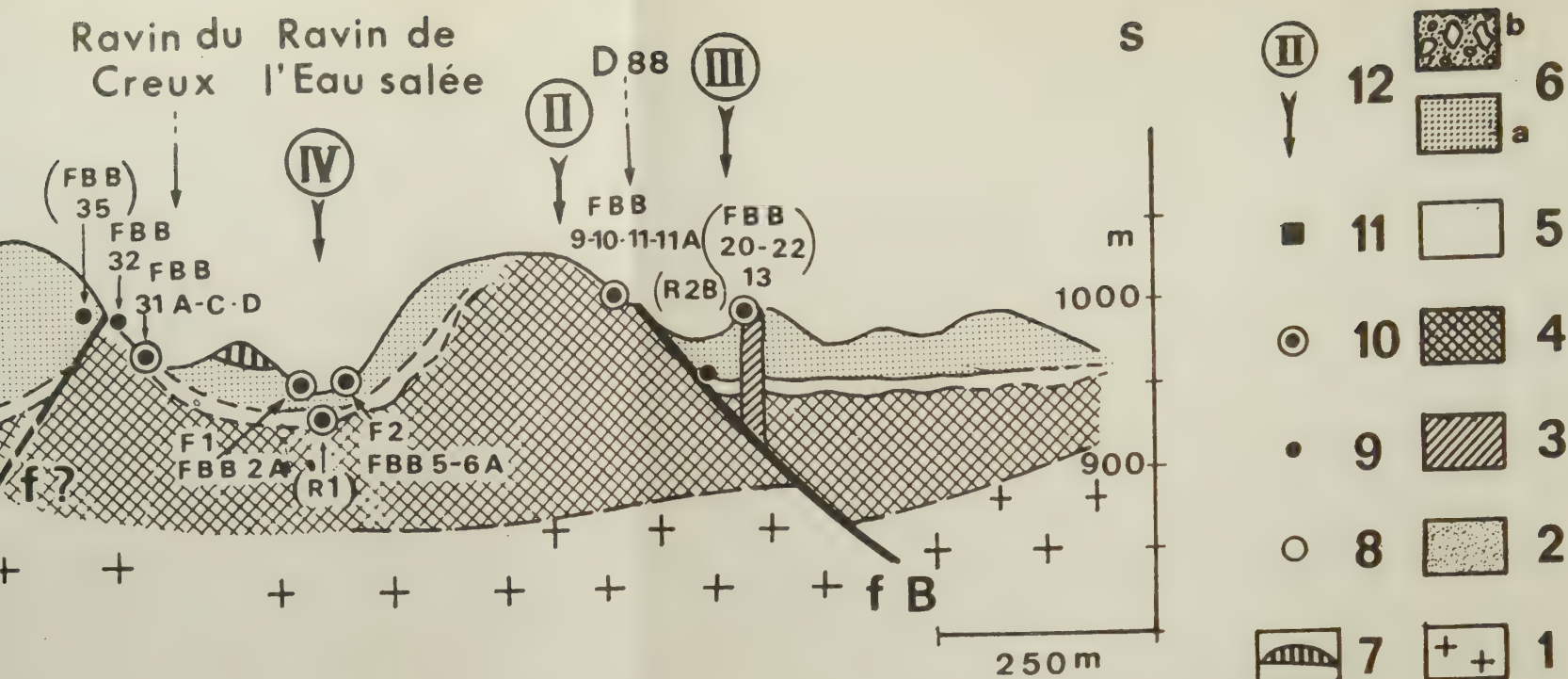


Coupe I



Coupe II

Figure 9 : Coupes géologiques dans la zone occidentale de la fosse.



Coupe III

Les observations de terrain et l'ensemble des résultats polliniques dans ce secteur sont en accord avec l'existence du prolongement de cette faille B, puisqu'ils trouvent une explication cohérente si l'on admet effectivement que le bloc à l'E de la faille de Vendeix a subi un *affaissement* en même temps qu'il basculait.

Toutefois il faut souligner que cette faille de Vendeix peut être indépendante de la faille B, mais de même direction. Dans ce cas, on aurait un faisceau de failles plus ou moins parallèles, qui limiterait la bordure S-W de la fosse d'effondrement. Le décrochement vertical serait de faible amplitude. Une deuxième campagne gravimétrique entreprise par S. CORON et son équipe (1967) ⁽¹⁾ a été effectuée le long de la route D88 jusqu'à son intersection avec la route D213 et sur des profils transversaux au voisinage de la Bourboule : elle n'a montré aucune variation d'anomalie dans ce secteur.

2) Coupe transversale du ravin du Creux et de la partie aval du vallon de l'Eau salée (coupe I, carte 1 et figure 9).

Les cinérites pliocènes affleurent à 990 m d'altitude sur le versant nord du ravin du Creux (*FBB 32^{x2}*). Au S du ravin, les sédiments pliocènes sont fortement entaillés par une ancienne vallée dont les versants sont recouverts par des tufs ponceux et des cinérites du

=====

(1) Nous tenons à remercier ici Mlle S. CORON, qui a bien voulu nous apporter son concours dans cette étude.

x2 Voir diagramme V.

Prétiglien de "transition". Sur ces dépôts, reconnus à 930 m au point le plus bas ($R1^{x1}$) et à 975 m ($FBB\ 31A-D^{x2}$), repose le complexe de tufs et cinérites du Prétiglien franc ($F1-F2^{x1}$) entaillé par le ravin actuel de l'Eau salée et que nous décrirons dans le prochain paragraphe.

Au N du ravin du Creux, une vallée plio-prétiglienne, de direction E-W, a également fortement entaillé le soubassement pliocène. Elle fut remblayée ultérieurement au cours du Prétiglien, comme en témoigne un dépôt affleurant à proximité du gisement pliocène précédemment cité, à l'*altitude identique de 990 m* ($FBB\ 32^{x2}$) et qui peut être rapporté à cet épisode ($FBB\ 35^{x2}$). Nous pouvons situer sensiblement ici la limite sud de l'ancien talweg.

Les dépôts prétigliens qui comblent cette ancienne vallée ont été reconnus le long de la route D88 en aval du Creux à 910 m ($FBB\ 28^{x1}$), au village de Fenestre à 915 m (*Fen. vill.* A^{x1}) et à la carrière de la Bughette à 930-940 m (*Ss Pregn.* 1^{x1}) (voir coupe I, figure 9).

Il n'est pas impossible que la limite sud de cet ancien talweg corresponde également au passage d'une faille de direction E-W sensiblement. En effet, les sédiments prétigliens de "transition" représentés localement par des cinérites fines litées et par des tufs grano-classés, présentent un léger pendage vers le S-SE.

Cette faille serait parallèle à la faille de Fenestre située plus au N qui est jalonnée de dykes de basalte ou de trachyphonolite et que nous avons pu suivre avec C. BOBIER : dans le ruisseau de Vendeix, au village de Fenestre, sur la route du Pregnoux et dans la carrière de la Source Clémence. Le passage de cette faille correspondrait à la variation de l'anomalie de Bouguer de 63,3 à 65,8 enregistrée sur la route D130 (voir figure in : S. CORON, L. GLANGEAUD et coll., 1964).

Par leur direction générale, ces cassures au rejeu post-prétiglien appartiendraient au système de failles de direction générale SW-NE qui *limite, au N, la fosse d'effondrement volcanotectonique.*

3) Coupe longitudinale du ravin de l'Eau salée (coupe IV, carte 1, figure 10).

Le ravin de l'Eau salée donne une coupe continue depuis 930 m jusqu'au Rocher de l'Aigle à 1 232 m. On a de bas en haut (coupe lithologique A) :

- 930 - 950 m : tufs à ponces du Prétiglien de transition (1) ;
cinérites fines du Prétiglien franc au niveau de la route D88 (2).
- 950 - 1 110 m : éboulis (9) puis alternance de cinérite à blocs à gros éléments (3a), émoussés, hétérométriques, hétérogènes avec de la cinérite à blocs plus fine, à éléments plus rares (3b), passant localement (1 070 m) à des tufs graveleux (4) et à des tufs à ponces. Il y a prédominance de galets d'andésite mélangés exceptionnellement à des galets ou graviers de granite.
- 1 110 - 1 120 m : cinérite sableuse (5).
- 1 120 - 1 150 m : brèches à éléments anguleux (6).
- 1 150 - 1 160 m : alternance de bancs de cinérite fine et de brèches.
- 1 160 - 1 170 m : cinérite fine blanche, litée ou sableuse.
- 1 170 - 1 200 m : alluvions conglomératiques (7) riches en éléments
(env.) bien roulés mais non classés avec des intercalations de sable graveleux ou de cinérite fine en lentilles et en bancs plus ou moins continus.
- 1 200 - 1 230 m : cinérites sableuses avec lentilles bréchiques à
(env.) encroûtement ferrugineux.

F I G U R E 10

=====

COUPE LONGITUDINALE DU RAVIN DE L'EAU SALEE (coupe IV)

A : COUPE LITHOLOGIQUE.

1 à 7 : voir texte. 8 - Trachyandésite. 9 - Eboulis.

B : COUPE STRATIGRAPHIQUE.

10 - Pliocène. 11 - Prétiglien de "transition". 12 - Prétiglien.
13 - Sens de déplacement des compartiments. 14 - Points d'intersection avec les autres coupes géologiques (voir carte 1).

Prélèvements et numéros d'échantillons : 15 - Pollens. 16 - Minéraux lourds. 17 - Pollens + Minéraux lourds. 18 - Prélèvements pour paléomagnétisme (C. BOBIER), avec signe d'aimantation (32, voir carte 2).

fB : faille de Cliergue - Pavin ou de Vendeix.

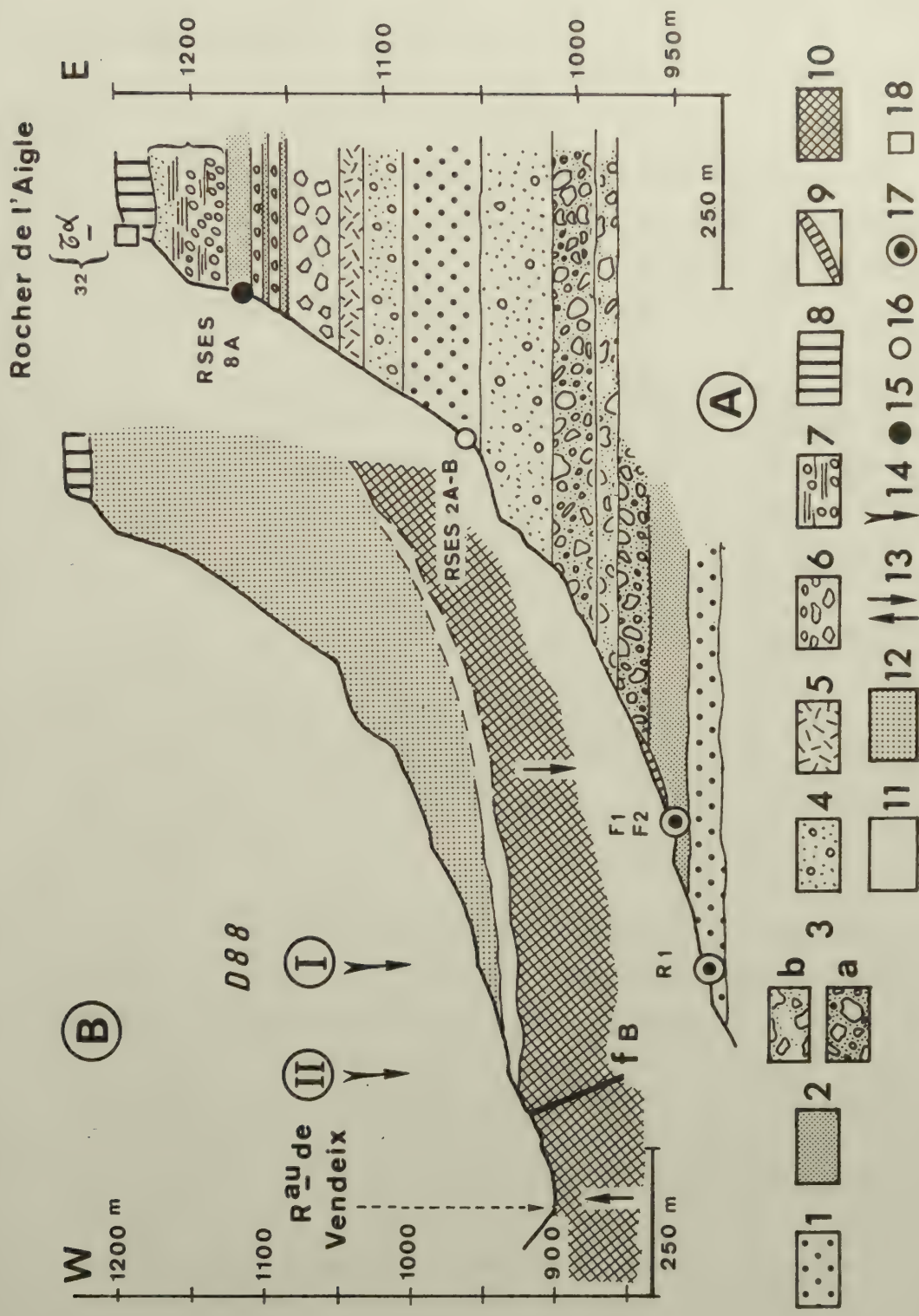


Figure 10 : Coupe IV du ravin de l'Eau salée.

La coupe se termine par la coulée sommitale de sancyïte du Rocher de l'Aigle (8) d'aspect plus ou moins bréchique à l'aplomb du ravin.

Vers 1 070 m, nous retrouvons dans un ravin plus au N, le niveau de tufs ponceux plus ou moins graveleux. Il englobe des cinérites fines, dures, grises, à débris ligneux et qui passent localement à des argiles sapropéliennes.

Cette alternance de tufs à ponces, tufs granoclassés, cinérite à blocs et brèches, se retrouve également dans le ruisseau de la Charbonnière entre 1 000 et 1 100 m.

4) Extension des dépôts pliocènes et prétingliens.

Si l'on connaît la limite d'extension des dépôts pliocènes au niveau même de la Bourboule, par contre à l'W de la fosse sous le plateau de Charlannes et à l'E, elle nous est inconnue. Le Pliocène a été reconnu palynologiquement jusqu'à l'altitude de 1 000 m, seulement dans la vallée de Vendeix. Au-dessus, on l'a vu, affleurent des dépôts prétingliens.

L'extension des dépôts prétingliens à l'E de la fosse est tout aussi difficile à préciser. Les tufs cinéritiques granoclassés situés sous les brèches des cascades de la Vernière et du Plat à Barbe, à 910 m d'altitude, se rattachent par leur composition en minéraux lourds au complexe *plio-prétinglien* ("type rhyolitique" ⁽¹⁾). Malheureusement, les analyses polliniques étant négatives, nous ne pouvons, pour le moment, préciser leur âge. Au-delà de cette limite, aucun sédiment

(1) Voir paragraphe III suivant.

F I G U R E 11

DIAGRAMME DE REPARTITION MINERALOGIQUE
DES SERIES DE LA BOURBOULE - VENDEIX

Pour la localisation des échantillons, voir carte 2.

SERIES DE LA BOURBOULE - VENDEIX.

1 = Vern. 4, 2 = Vern. 2, 3 = Charb. 1B, 4 = R. Charb. 1, 5 = R.
Charb. 4, 6 = RSES 2B, 7 = RSES 2A, 8 = FBB 24B, 9 = FBB 18,
10 = FBB 13, 11 = FBB 22, 12 = FH, 13 = FE, 14 = FBB 33,
15 = FBB 31C, 16 = FBB 31A1, 17 = Pregn. rB, 18 = FBB6A, 19 = FBB2A,
20 = FBB 29, 21 = Ss Pregn. 2, 22 = Fen. vill. A, 23 = FBB 27B,
24 = FBB 27B, 25 = FBB 37, 26 = R1, 27 = FBB 11A, 28 = FBB 11,
29 = RV4, 30 = RV1C, 31 = Cim. Bourb.

FORMATIONS DE MURAT-LE-QUAIRE.

32 = MQ 7A, 33 = MQ 4B.

I = 2 - 14 - 18 - 22 - 26 - 27 - 29 - 31

II = 5 - 20 - 23 - 28

III = 15 - 19

IV = 6 - 21

- Séries de la Bourboule - Vendeix
- + Formation de Murat-le-Quaire

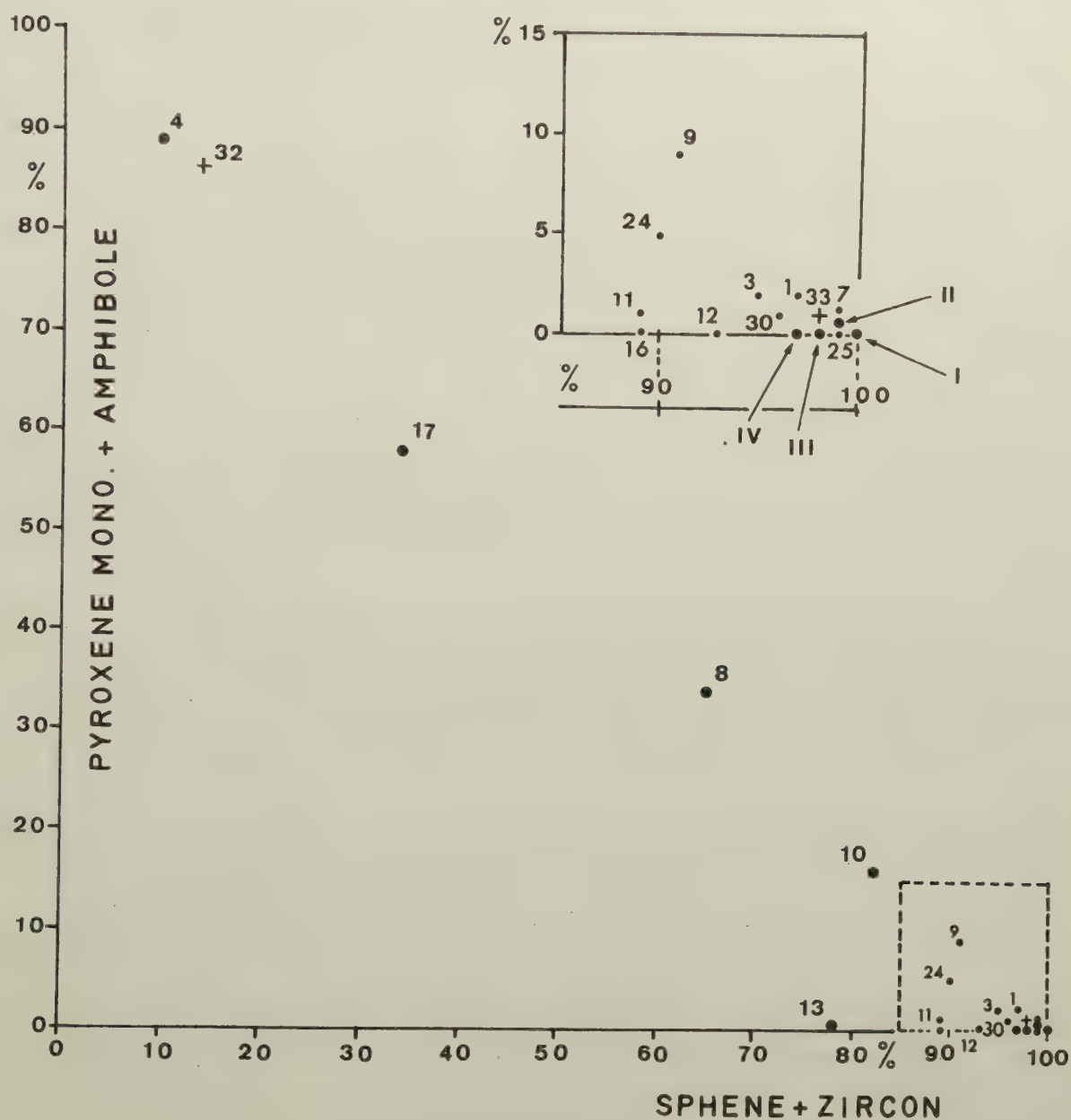


Figure 11 : Diagramme de répartition minéralogique des séries de la Bourboule-Vendeix.

prétiglien n'a été reconnu palynologiquement, sauf peut-être tout à fait en aval du ruisseau de Guéry, mais sans aucune certitude.

III - MINERAUX LOURDS (carte 2, figure 11)

Les cinérites pliocènes ont été prélevées en aval du ruisseau de Vendeix et sur son versant N-E. Les sédiments prétigliens ont été prélevés le long de la route D88, au village de Fenestre, à la carrière de la Bughette (sous le Pregnoux) et dans les ravins de l'Eau salée, du Creux et du ruisseau de la Charbonnière.

Les séries de la Bourboule et de Vendeix sont très homogènes du point de vue minéralogique. *Elles sont caractérisées dans leur ensemble par le "type rhyolitique" (1).* Quelques rares échantillons seulement sont de "type hybride" (2) ou "mixte" (3).

Ceci confirme le synchronisme de ces projections avec des montées rhyolitiques (rhyolites, phonolites) dérivées des magmas granitiques et qui succèdent aux premières émissions basaltiques miocènes (L. GLANGEAUD, 1943).

IV - RECONSTITUTION PALEOMORPHOLOGIQUE DE LA BORDURE OCCIDENTALE DE LA FOSSE (figure 12).

Les résultats d'ordre stratigraphique et palynologique nous amènent à établir la reconstitution paléomorphologique suivante :

=====

(1) Sphène + zircon. (2) *Tendance basaltique.* (3) *Intermédiaire entre les deux types précédents.*

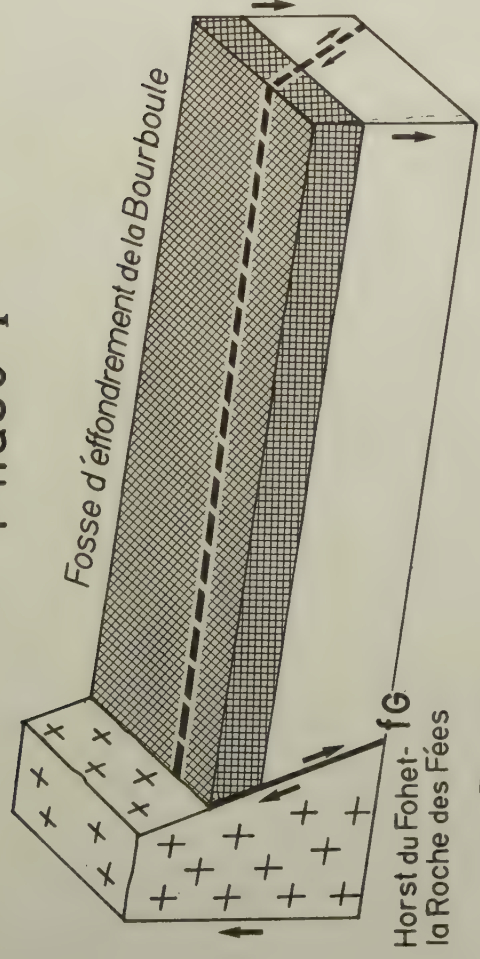
F I G U R E 12

=====

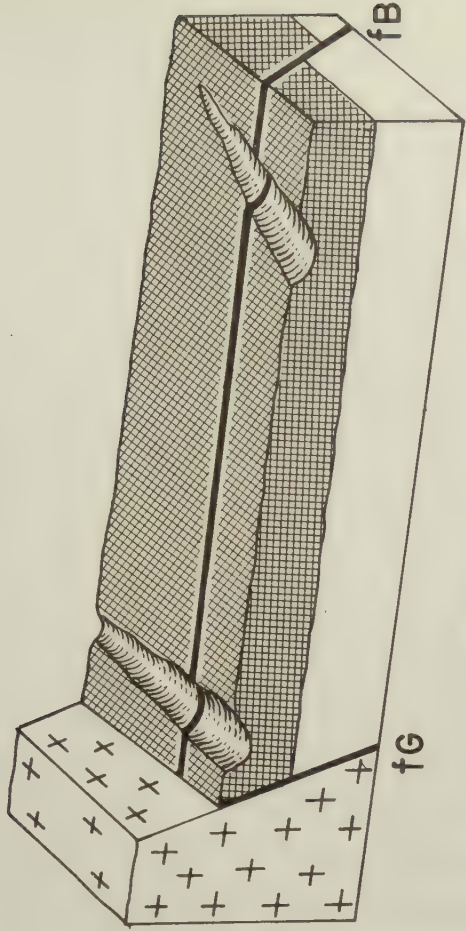
*EVOLUTION VOLCANOTECTONIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE LA BORDURE OCCIDENTALE
DE LA FOSSE DE LA BOURBOULE*

1 - Socle granitique. 2 - Pliocène A. 3 - Pliocène B. 4 - Prétiglien. 5 - Sens de déplacement des compartiments. *fB* : faille de Cliergue - Pavin ou de Vendéix. *fG* : faille de la Bourboule (voir figure 3).

Phase I



Phase II



Phase III



Phase IV

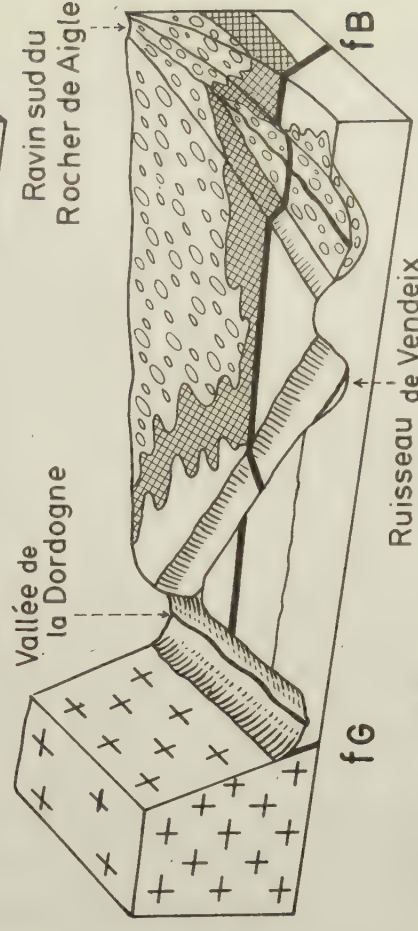


Figure 12 EVOLUTION VOLCANO-TECTONIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE LA BORDURE OCCIDENTALE DE LA FOSSE DE LA BOURBOULE .

- 1) Les projections rhyolitiques de la Bourboule-Fenestre (selon L. GLANGEAUD, 1943, L. GLANGEAUD et coll., 1965) sont contemporaines de la rhyolite de Lusclade (7 MA) ⁽¹⁾. Elles ont comblé une fosse qui s'enfonçait au fur et à mesure de la surrection du dôme rhyolitique par le jeu de la faille de la Bourboule (G) (phase I, Pliocène A et B).
- 2) Une phase de creusement importante (d'origine climatique ou tectonique) survient à la fin du Pliocène, ébauchant un réseau hydrographique (phase II).
- 3) L'activité volcanique se poursuivant, les projections prétigliennes de type également rhyolitique comblent les vallées et ennoient les reliefs. Des failles ont joué vraisemblablement pendant et également après leur dépôt (phase III).
- 4) Ultérieurement le surcreusement de la vallée de Vendeix fera réapparaître à l'affleurement les sédiments pliocènes, visibles sur son versant est (phase IV).

(1) MA = 10^6 années.

DEUXIEME CHAPITRE
=====

LORES POLLINIQUES ET MACROFLORES DES SERIES DE LA BOURBOULE ET DE VENDEIX

A) SERIE DE LA BOURBOULE.

Si l'appartenance au Pliocène de l'ensemble de la série peut être établie sans ambiguïté en nous basant sur les travaux palynologiques de W.H. ZAGWIJN, par contre, il n'est pas possible d'établir une subdivision palyno-stratigraphique dans les dépôts qui affleurent *au niveau même de la ville de la Bourboule et en aval du ruisseau de Vendeix*. Lors des premières études de la macroflore, les auteurs avaient rapporté au *Pontien* la formation de la Bourboule, tout au moins sa partie supérieure. Celle de Fenestre, rattachée d'une façon moins certaine au Pontien ou à la limite mio-pliocène, aurait représenté un terme de transition entre la formation précédente et la cinérite supérieure.

Le nombre peu élevé d'échantillons analysés, leur dispersion géographique et l'existence de failles compartimentant ces dépôts en les dénivelant, ne permettent pas de suivre une tendance évolutive de la végétation. Ces différentes raisons nous interdisent, par conséquent, d'établir une chronostratigraphie précise.

Par contre, les projections pliocènes qui affleurent à 990 - 1 000 m sur le versant est du ruisseau de Vendeix, semblent se distinguer palynologiquement des précédentes.

La subdivision du Pliocène en différents étages (Sustérien-Brunssumien-Reuvérien), telle qu'elle a été faite aux Pays-Bas ("Roertal-Graben" et "Venloer-Graben") grâce à la palynologie (W.H. ZAGWIJN, 1959), ne peut être réalisée qu'à partir de carottages, dans des terrains en séries superposées et continues.

Les premiers sondages qui traversèrent les parties inférieure et supérieure de la "formation de la Bourboule" (voir figure 6), ont montré que ces dépôts, mis en place dans une fosse en cours d'enfoncement progressif, donc sur une période assez longue, atteignaient au moins 160 m d'épaisseur. Dans ce cas particulier, les conditions de continuité de sédimentation sont vraisemblablement remplies et il serait souhaitable que ces dépôts soient à nouveau carottés et qu'une étude botanique des restes végétaux du Pliocène, soit faite. Celle-ci permettrait peut-être de montrer des variations dans la composition floristique qui, même spécifiques d'une région montagneuse, pourraient avoir un intérêt stratigraphique local.

Dans l'immédiat, notre étude portera sur le *niveau inférieur* de la série entre 860 et 910 m. Nous nous bornerons à ne donner que les caractéristiques végétales globales et non spécifiques à chacun des échantillons. Nous ferons ultérieurement une étude comparative des niveaux plus récents situés entre 990 - 1 000 m et constituant le *niveau supérieur* de la série.

1) Localisation des échantillons (carte 5).

Les cinérites du niveau inférieur, affleurant entre 860 et 910 m, se situent :

- dans la ville même de la Bourboule (*Gare Bourb. Serv. Eaux*)
- en aval du ruisseau de Vendeix (RV 2-4-5-6) dans le compartiment surélevé à l'W de la faille de Vendeix.

Les cinérites du niveau supérieur (FBB 9-10-32), affleurant vers 990 - 1 000 m, ont été prélevées sur le versant est du ruisseau de Vendeix (compartiment effondré à l'E de la faille).

2) Niveau inférieur de la série de la Bourboule - Pliocène A

a) Caractéristiques sporo-polliniques.

La flore contenue dans ces cinérites est caractérisée principalement par :

- une représentation *sensiblement égale* des groupes I + II (types tertiaires + types de transition), du groupe III (Feuillus européens) et du groupe IV (Conifères) ⁽¹⁾. Le groupe I a une importance sensiblement égale ou supérieure à celle du groupe II (diagramme II).
- une *grande richesse floristique*. En effet, cette flore groupe au total 68 familles, genres ou espèces reconnus (diagramme I).

Les types tertiaires oscillent entre 11,2 et 29,6 %. Parmi ceux-ci, *Taxodium* est le mieux représenté mais il ne dépasse pas 10 %.

=====

(1) Voir définition de ces groupes p. 17.

Il est accompagné, en proportion plus faible, de Monocolpés, de Triporés, des genres *Nyssa*, *Sciadopitys*, plus rarement *Sequoia* et très exceptionnellement *Liquidambar* (1 grain).

Quelques grains peuvent être rapportés aux morpho-espèces suivantes : *Tricolporopollenites megaexactus*. s.sp. *exactus*, *Tricolporopollenites liblarensis*. s.sp. *fallax*, *Quercoidites henrici* et *Q. microhenrici*. Le pourcentage des types de transition varie entre 13,4 et 20,5 %. Ces formes groupent surtout *Pinus t. haploxyton* (jusqu'à 14 %) accompagné de Juglandacées, parmi lesquelles principalement *Carya* et accessoirement *Pterocarya* et *Juglans*, de *Tsuga*, de *Myricacées*, enfin exceptionnellement, d'*Eucommia*, *Cedrus* et *Pinus canariensis*.

- Les Conifères sont représentés par *Pinus t. silvestris* ne dépassant pas 13 %, en quantité sensiblement égale à celle de *P. t. haploxyton*, puis secondairement par *Picea* et *Abies*.

- La sylve est largement dominante par rapport aux herbacées, puisqu'elle oscille entre 75 % et 88,6 % de AP + NAP (diagramme III).

b) Quelques analyses de morphologie pollinique.

Monocolpé

Ce sont des grains apiculés de 35 x 24 μ . Exine lisse-scabre (1) d'épaisseur inférieure à 1 μ . Le bord du sillon est marqué mais n'est pas souligné par un bourrelet. Ces grains sont le plus souvent fendus au niveau du sillon. Leur appartenance botanique est douteuse. Leurs caractéristiques morphologiques ne permettent pas de les rattacher

(1) Termes usités dans la clef de K. FAEGRI et J. IVERSEN (1964) et voir A. PONS, 1970 .

avec certitude à des formes monocolpées déjà écrites par les Auteurs précédents. Par certains caractères, ces grains se rapprochent de ceux de *Monocolpopollenites zieveiensis* Pf. attribué à *Ginkgo* (in A. PONS, 1964, p. 580) (dimension, faible épaisseur et absence de sculpture de l'exine, sillon souvent béant), par d'autres caractères, ils sont voisins de *Monocolpopollenites tranquillus* (R. Pot.) Th. et Pf., attribué à un Palmier (cf. Phoenix) (contour anguleux en particulier).

Au Mont-Dore, cette forme est *spécifique du Pliocène* et disparaît au seuil du Quaternaire.

Triporés

La distinction entre les grains de pollens triporés est malaisée. Une analyse détaillée du pore nous a permis de distinguer une forme voisine de *Ostrya carpinifolia* ou *Carpinus orientalis* mais qui par certains caractères présente des affinités avec *Triatriopollenites bituitus*. Au Mont-Dore, cette forme semble également *spécifique du Pliocène*.

Voici les caractères distinctifs des différents types de pollens triporés rencontrés dans nos sédiments pliocènes, complétant les descriptions faites par R. WODEHOUSE (1959) (figure 13).

1) *Ostrya carpinifolia* ou *Carpinus orientalis* (28-30 μ)

contour arrondi

- pore grand (2,6 μ)
- labrum moyennement développé
- ectexine de 1,3 μ non épaissie au niveau du labrum
- endexine accompagnant la courbure du labrum.

2) Triporé type *Triatriopollenites bituitus* (R. Pot.) Th. et Pf.
(20-26 μ), contour arrondi

- Pore petit (1,3 μ)
- labrum très prononcé
- ectexine (1,9 μ) non épaissie au niveau du labrum et non denticulée sur sa face interne
- endexine accompagnant un peu l'ectexine après la courbure du labrum
- ectexine deux fois plus épaisse que l'endexine.

3) Myricacées type *T. rurensis* Pf. et Th. (29-32 μ),
contour triangulaire

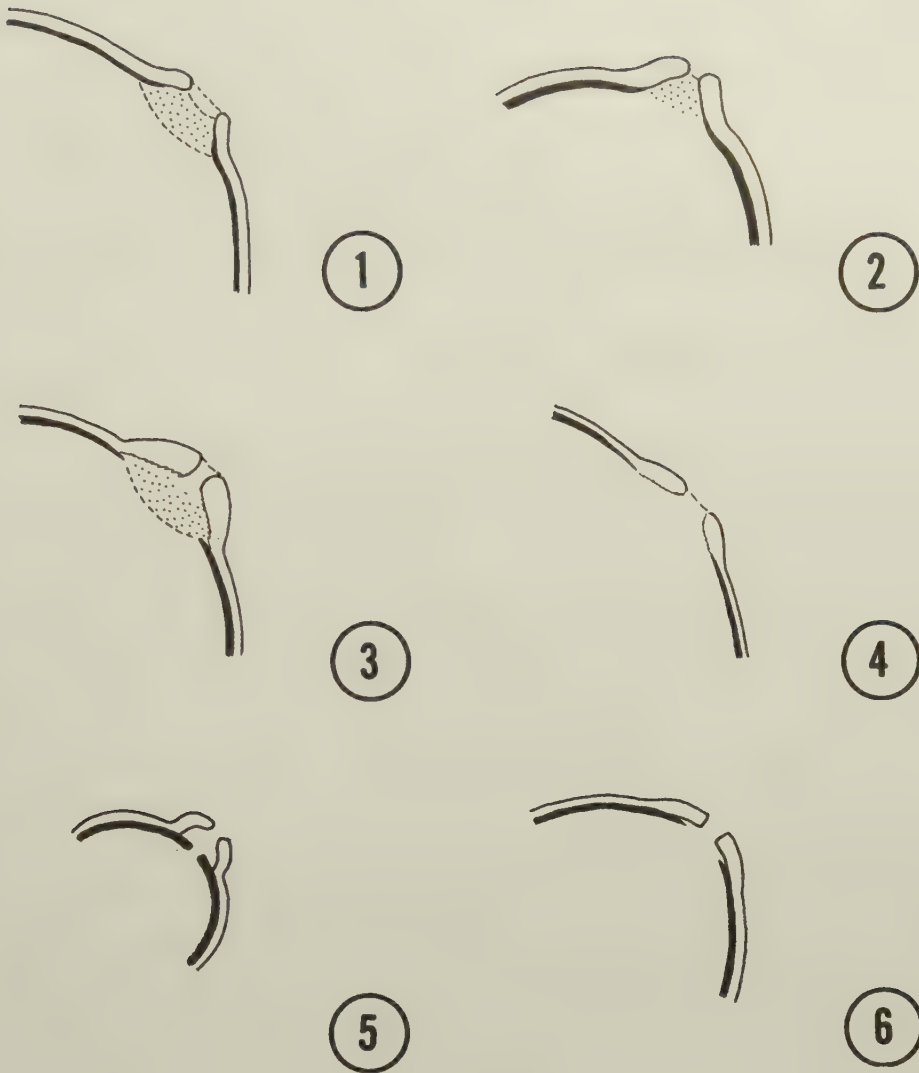
- pore de 1,9 μ de diamètre
- labrum assez prononcé
- ectexine de 1-1,3 μ s'épaississant au niveau du labrum de 1/3 environ et denticulée sur sa face interne
- ponctuations visibles au niveau du labrum
- arrêt de l'endexine au niveau de la courbure du labrum

4) *Carpinus* à 3 pores (32 μ), contour arrondi

- labrum faible
- ectexine d'épaisseur variable au niveau du labrum avec denticulations parfois visibles sur sa face interne
- endexine s'arrêtant à la courbure du labrum.

5) *Betula* (26 μ), contour arrondi

- labrum développé
- ectexine pas épaissie ou très peu au niveau du labrum
- endexine se décollant au niveau du pore et pouvant se continuer plus ou moins loin sous le pore.



- 1 : Ostrya carpinifolia ou Carpinus orientalis.
 2 : Triatriopollenites bituitus. 3 : Myricacées.
 4 : Carpinus. 5 : Betula. 6 : Corylus.

Figure 13 : Etude comparative des Triporés rencontrés dans les dépôts pliocènes du Mont-Dore

6) *Corylus* (22-23 μ), contour faiblement triangulaire

- labrum peu accusé
- ectexine non épaissie au niveau du pore
- endexine accompagnant l'ectexine à proximité du pore.

Inaperturé échinulé

Un seul pollen de ce type a été rencontré dans nos sédiments. Il semble se rapporter au type décrit par A. PONS (1964, p. 617).

- Taille de 18 x 22 μ
- exine de 1-1,5 μ avec des épines clairsemées, fines, souples
- fendu sur les 2/3 de sa longueur.

cf. Pseudotsuga et cf. Larix

Quelques rares formes de grande dimension (100-130 μ), déchirées, inaperturées, avec une exine épaisse de 2 μ (ectexine plus épaisse que l'endexine), à réseau fin et serré, ont été rapportées au genre *Pseudotsuga* (cf.). D'autres de dimension moindre (100 μ), seraient plutôt à rapprocher de *Larix* (cf.).

Mais l'incertitude subsiste quant à la détermination de ces formes.

Carya

Toutes les dimensions sont représentées entre 30 et 50 μ .
Nous pouvons cependant distinguer trois groupes :

Grande forme : 45 à 50 μ .

- exine épaisse de 2 μ , tectée, à columelles régulièrement disposées,
- 3 pores de 3 μ de diamètre,
- pores éloignés du contour équatorial du grain d'une distance égale ou légèrement inférieure à leur diamètre.

Forme moyenne : 35-43 μ .

Petite forme : 30-32 μ .

- pores situés presque sur le contour équatorial ou éloignés d'une distance inférieure à leur diamètre.

Les formes de dimension moyenne pourraient correspondre à celles décrites par A. PONS (ibid., p. 571) dans les dépôts pliocènes rhodaniens : "grain de petite taille (35 à 43,5 μ), à contour triangulaire - arrondi régulier, à exine mince et épaissement équatorial faible (≤ 3 μ), à pores presque équatoriaux". Ce type "semble correspondre au Groupe I" reconnu par A. STACHURSKA (1961) qui comprend *C. aquatica* et *C. pecan*.

Par contre, il n'est pas possible de savoir si ces formes sont équivalentes à celles décrites par W.H. ZAGWIJN et qui ont été trouvées dans les interglaciaires du Pléistocène ancien (1960, p. 60 :... "The exine was rather thin and the pores were situated more or less in the equatorial plane").

Quercus

Les grains de *Quercus* se rapportent essentiellement au groupe des espèces actuellement *atlantiques*. Il n'a pas été reconnu avec certitude de type méditerranéen (sauf peut-être dans l'échantillon RV6).

Cependant dans le niveau *Gare Bourb.* (diagramme I), nous avons cru devoir rapporter quelques rares Tricolpés aux morpho-espèces suivantes : *Quercoidites henrici* et *Q. microhenrici*. Ces formes seraient spécifiques du Miocène dans les dépôts rhénans (G. von der BRELIE, 1959), mais certaines (*Q. microhenrici*) ont été trouvées également dans le Pliocène des Pays-Bas (W.H. ZAGWIJN).

Ulmacées

Nous n'avons pas établi de distinction entre les différents genres d'Ulmacées (sauf pour *Celtis*).

Toutefois des variations dans l'ornementation (réticule et rebord du pore plus ou moins marqués) nous conduisent à penser que l'on a une représentation des genres *Zelkova* et peut-être *Planera aquatica* à côté du genre *Ulmus*.

Pinus type haploxyton

La diagnose est la suivante (1) :

Corps	[	T = 45 μ
		calotte de type 1, de 2-2,5 μ d'épaisseur
	]	

=====

(1) T : dimension maximum du corps. D et P : respectivement, dimension maximum et profondeur du ballonnet. Type 1 : en surface, les éléments de mesexine sont "disposés dans des sens variables dans l'épaisseur de l'ectomesexine et plus ou moins anastomosés". Type 2 : ces éléments "peuvent former un réseau irrégulier à la surface du ballonnet" (M. VAN CAMPO - DUPLAN, 1950, p. 37-38).

Ballonnets	[	D = 46 μ
		P = 16 μ
		enveloppants, hémisphériques, à attache aussi large que
		la plus grande largeur du ballonnet
		type 1 ou 2 ⁽¹⁾ à mailles de dimension assez régulière.

c) Macroflore des cinérites de la Bourboule.

En 1910, A. LAUBY a donné un premier inventaire de la flore recueillie dans le souterrain de Choussy, creusé dans la partie supérieure de la formation de la Bourboule. Un autre gisement, qui a fourni les plantes de la collection Lecoq, avait été également mis à jour dans des couches voisines de celles du niveau de Choussy, lors des fondations de l'Hôtel Vimal.

En 1936, P. MARTY entreprit à nouveau l'étude des macrorestes des cinérites de la Bourboule (qu'il appelle "cinérite inférieure" par opposition aux niveaux de Fenestre) complétant ainsi l'inventaire précédemment fait.

La liste totale des macrorestes groupe 31 représentants qui sont les suivants :

- Collection Lauby, révisée par P. MARTY avec, pour certains genres, les équivalences spécifiques proposées par cet Auteur

- *Carpinus suborientalis* Sap. (*C. betulus* L., *fossilis* Laur.)

- *Quercus lucumorum* Gaud. (*Q. hispanica* Rér.)

=====

(1) Voir note infra-paginale page précédente.

- *Juglans acuminata* A. Br.
- *Salix angusta* A. Br. (*S. cinerea* L.)
- *Zelkova ungeri* Kov.
- *Cinnamomum spectabile* Heer (*C. Scheuchzeri* ou *C. polymorphum* Heer)
- *Acer nicolai* N. Boul. (var. de *A. pyrenaicum* Rér.)
- *Acer trilobatum* A. Br.
- *Gleditschia allemanica* Heer
- *Liquidambar europaeum* A. Br.
- *Pteris urophylla* Ung.
- *Cedrus miocenica* ⁽¹⁾

- Inventaire complémentaire de P. MARTY :

- | | |
|--|--|
| - <i>Abies ramesi</i> Sap. | - <i>Buxus balearica</i> Wild. |
| - <i>Juniperus drupacea</i> Labill. | - <i>Daphne gautieri</i> Marty |
| - <i>Myrica</i> sp. cf. <i>Myrica gale</i> L. | - <i>Acer laetum</i> C.A. Mey. |
| - <i>Betula alba</i> L., <i>fossilis</i> Laur. | - <i>Acer creticum</i> L. |
| - <i>Alnus insignis</i> N. Boul. | - <i>Rubus</i> sp. cf. <i>R. fruticosus</i> L. |
| - <i>Castanea vesca</i> Goertn. | - <i>Punica granatum</i> L. |
| - <i>Fagus pliocenica</i> Sap. | - <i>Ombelliferae</i> genus |
| - <i>Pterocarya denticulata</i> Heer | - <i>Fraxinus arvernensis</i> Laur. |
| - <i>Populus tremula</i> L. | - <i>Bumelia rieufi</i> Marty |
| - <i>Ulmus braunii</i> Heer | |

=====

(1) Détermination A. LAUBY !

Les végétaux observés et qui ne sont pas représentés dans le matériel pollinique, sont les suivants :

- *Cinnamomum polymorphum* Heer
- *Gleditschia allemanica* Heer
- *Populus tremula* L.
- *Daphne gautieri* Marty
- *Punica granatum* L.
- *Bumelia rieufi* Marty

Par contre, les végétaux reconnus par leurs pollens et qui n'ont pas livré de macrorestes sont beaucoup plus nombreux. Il s'agit :

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| - <i>Pinus</i> (2 types) | - <i>Corylus</i> |
| - <i>Pinus canariensis</i> C. Smith | - Graminées |
| - <i>Podocarpus</i> | - Cyperacées |
| - <i>Picea</i> | - <i>Typha latifolia</i> |
| - cf. <i>Larix</i> | - Tubuliflores |
| - cf. <i>Pseudotsuga</i> | - <i>Artemisia</i> |
| - <i>Tsuga</i> | - Crucifères |
| - Taxodiacées (2 types) | - Rosacées |
| - <i>Nyssa</i> | - Chenopodiacées |
| - cf. <i>Symplocos</i> | - Plantaginacées |
| - cf. <i>Celtis</i> | - Labiées |
| - <i>Eucommia</i> | - Renonculacées |
| - <i>Engelhardtia</i> | - Cornacées |
| - <i>Carya</i> | - Rubiacées |
| - <i>Pterocarya</i> | - Polygonacées |
| - <i>Platanus</i> | - <i>Rumex</i> |
| - <i>Tilia</i> | - Urticacées-Moracées |
| - <i>Ilex</i> | - <i>Buxus</i> |
| | - Ericacées |
| | - Pteridophytes |
| | - <i>Osmunda type cinnamomea</i> |

La comparaison de ces 2 listes nous montre que les microrestes donnent une représentation floristique beaucoup plus large que les macrorestes, tant du point de vue des formes arborescentes qu'herbacées.

Le nombre de représentants des herbacées par rapport à celui des arbres et arbustes est nettement plus élevé dans la microflore (48 %) que dans la macroflore (19 %).

Ces observations corroborent celles déjà faites par A. PONS (1960, p. 629) sur la comparaison des listes de macrorestes et de pollens des différents gisements de la vallée du Rhône.

Qualitativement les deux listes sont complémentaires l'une de l'autre. Mais, si les macrorestes conduisent à une précision paléobotanique plus poussée par les déterminations spécifiques qu'ils permettent, les microrestes, par contre, avec les 68 taxons reconnus donnent un *éventail plus large* et par conséquent une image certainement *plus fidèle* de la flore.

La palynologie permet également de mieux saisir les proportions relatives des différents groupes tels que nous les avons définis.

Les caractères suivants : feuilles petites dans leur ensemble et présence de deux types à la fois continentaux et tropicaux - *Bumelia* et *Cinnamomum* - ont permis à P. MARTY de définir la nature du climat : *sec* et *continental* à écarts de température assez marqués entre hiver et été.

La comparaison avec d'autres gisements de plantes fossiles du Massif Central (Cantal-Aubrac), du Velay, de l'Ardèche et la présence de *Cinnamomum*, spécifiquement *miocène*, ont conduit cet Auteur à donner la flore de la Bourboule comme *pontienne*, la situant plus précisément "tout à fait au sommet du Miocène supérieur" (p. 42).

Dans l'état actuel de nos connaissances sur la composition pollinique des dépôts mio-pliocènes du Massif Central, il ne nous est pas possible de dire si la microflore de la Bourboule confirme ou infirme cette attribution.

Nous avons vu que dans l'hypothèse où certains *Triatriopollenites bituitus*, forme spécifiquement miocène dans les dépôts rhénans, notre flore pourrait se situer à la limite mio-pliocène, dans la mesure où une comparaison est possible entre deux régions aussi différentes telles que l'Allemagne et le Massif Central.

Mais ceci est une hypothèse et non une affirmation. Il faudrait connaître les flores qui ont immédiatement précédé et suivi celle de la Bourboule pour accorder à celle-ci une valeur climatique et stratigraphique plus précise. Malheureusement, dans l'immédiat, nos résultats sont trop fragmentaires dans cette région.

d) Macroflore du niveau supérieur de Fenestre.

Quelques macrorestes en mauvais état, trouvés par L. GLANGEAUD au S-E du parc de Fenestre, n'ont pas permis de savoir si ce niveau était de même âge que les cinérites de la Bourboule, *ou plus récent*. Il s'agit (P. MARTY et L. GLANGEAUD) de *Fagus silvatica* L. ⁽¹⁾, *Betula alba* L., *Abronia bronni* Laur., *Quercus* sp.

3) Niveau supérieur de la série de la Bourboule. Pliocène B.

Ces cinérites, représentées par les échantillons *FBB-32* (ravin du Creux) et *FBB9-10* (route D88), sont plus récentes que les précédentes

=====

(1) *Détermination de P. MARTY !*

pour les raisons suivantes :

- elles affleurent à une altitude supérieure de 80-90 m à celles des cinérites en aval du ruisseau de Vendeix ;
- par rapport à ces dernières, elles se situent dans le compartiment effondré (à l'E de la faille de Vendeix).

Si l'on compare ces dépôts avec ceux précédemment décrits, on constate que les compositions génériques et spécifiques de la flore sont *assez voisines*. Cependant, des différences quantitatives se dégagent. On remarque en effet :

- une inégale répartition des groupes I + II, III et IV, avec une réduction des groupes I + II et une plus forte représentation du groupe IV (Conifères) (diagrammes II et V)
- une réduction du pourcentage du groupe I qui n'a seulement que 4 à 7,2 % de représentants. Parmi ceux-ci, *Taxodium* reste prédominant, mais avec des fréquences moins élevées (il ne dépasse pas 4,3 %). Les Monocolpés et les Triporés du type *Triatriopollenites bituitus* qui donnent un caractère d'ancienneté à la flore précédente sont ici absents ou exceptionnels (FBB 10). Il en est de même pour le genre *Sciadopitys* ⁽¹⁾ (diagrammes I et IV).
- Parmi les Conifères, l'équilibre est rompu entre les deux types de Pin : *silvestris* et *haploxylon*. Le premier est prédominant et a une fréquence qui croît en même temps que diminue celle des Conifères (*Epicea* et *Sapin*).

=====

(1) Les quelques formes du groupe *Quercoidites*, à affinités miocènes selon les Auteurs allemands, sont absentes dans ces dépôts.

4) Comparaison floristique des niveaux inférieur et supérieur.

Les deux paramètres, faciès des sédiments-contexte géographique, étant les mêmes pour tous les niveaux de la série de la Bourboule ils n'interviennent pas pour expliquer le changement floristique entre les niveaux inférieur et supérieur.

Par conséquent, ce changement est imputable, soit à des variations des conditions écologiques locales, soit à une dégradation générale du climat.

Ce deuxième facteur peut être retenu. En effet, on verra que la série de Vendeix, succédant à celle de la Bourboule, enregistre par son appauvrissement floristique, une dégradation notable du climat. Celle-ci serait consécutive à l'accentuation d'un refroidissement progressif amorcé donc au Pliocène et peut-être au cours d'un Pliocène relativement ancien (Pliocène A).

Cette constatation est d'autant plus intéressante qu'elle confirme des remarques faites par des Auteurs précédents, sur l'évolution de la végétation au Pliocène dans d'autres régions d'Europe. G. von der BRELIE (1959 a) écrit au sujet de la flore pollinique de la "Niederrheinischen Bucht" : "... so zeigt sich vom Brunssumien bis zum Ende des Reuverien ein kontinuierlicher Rückgang in den Anteilen der pliozänen pollentypen" ⁽¹⁾.

=====

(1) "... on constate une diminution continue du pourcentage de types polliniques pliocènes depuis le Brunssumien jusqu'à la fin du Reuvérien"

Par ailleurs, F. THIERGART (1940, in G. von der BRELIE, 1959 a), qui place l'appauvrissement général des espèces et des genres à la base de la subdivision du Pliocène, dit : *"den wichtigsten Unterschied zwischen Alt - und Jungpliozän die Verschiebung des Verhältnisses der beiden Pinus - Pollen-Typen zugunsten des Pinus silvestris - Typus gegen Ende des Pliozäns hin bildet* ⁽¹⁾.

B) SERIE DE VENDEIX.

1) Localisation des échantillons (carte 5).

Les échantillons ont été prélevés en affleurement sur une superficie de 5 km² environ, limitée au N par Fenestre et le Pregnoux, au S par la cascade du ruisseau du Pont de Vendeix et la Charbonnière.

L'échantillonnage a eu lieu :

- dans les ravins du ruisseau de la Charbonnière et du Pont de Vendeix, dans les ravins de l'Eau salée et du Creux,
- le long de la route D88 jusqu'à son intersection avec la route D213,
- au village de Fenestre et à la carrière de la Bughette sur la route du Pregnoux.

2) Caractéristiques sporo-polliniques.

Cette série montre dans son ensemble, du point de vue floristique, un contraste net avec les sédiments pliocènes auxquels elle

=====

(1) *"La différence essentielle entre le Pliocène inférieur et le Pliocène supérieur consiste en un déplacement du rapport des deux types polliniques de Pinus en faveur de Pinus silvestris typus, vers la fin du Pliocène".*

succède. Cette différence est marquée par :

- un appauvrissement dans la représentation arborescente avec :
 - la disparition des types tertiaires (groupe I),
 - la réduction du nombre de types de transition (groupe II)
- une augmentation sensible du pourcentage de *Pinus t. silvestris* et d'herbacées.

Ce contraste qui permet de fixer la limite plio-villafranchienne est cependant progressif. En effet, dans la série prétiglienne de Vendeix, une coupure peut être faite entre un Prétiglien inférieur A et un Prétiglien supérieur B.

a) Prétiglien A ou Prétiglien de transition.

La base de la série correspondant aux échantillons *RV7B*, *R1*, *R2B* et *FBB 31A-D* (ravin du Creux, diagrammes IV, V) représente un Prétiglien de *transition*, terme "palynologiquement" intermédiaire entre le Pliocène et le Prétiglien proprement dit de la série de Vendeix.

Les dépôts s'élèvent jusqu'à 900 m dans le compartiment effondré et à 940 m dans le bloc opposé.

Le groupe I est encore représenté par quelques Taxodiacées mais il ne dépasse pas 4 % (diagrammes II et V).

Les fréquences de *Pinus t. haploxylon* sont moins importantes que celles enregistrées dans le Pliocène mais restent supérieures à celles des niveaux sus-jacents du Prétiglien B ; elles oscillent entre 6 et 17 % (diagrammes IV, VI et VII).

b) Prétiglien B.

C'est le Prétiglien typique (ou Prétiglien "franc") qui est représenté par la majorité des dépôts du vallon de Vendeix et qui a été reconnu jusqu'à 1 200 m d'altitude, dans le compartiment surélevé.

- Les types tertiaires (groupe I) disparaissent ou sont extrêmement rares dans certains niveaux (diagrammes II et V).
- Les types de transition (groupe II) varient de 0,6 à 17 %. A l'exception des niveaux tout à fait supérieurs où ils sont rares, ces types sont assez bien représentés et d'une façon constante. Ce sont *Pinus t. haploxylon*, *Pinus canariensis*, *Tsuga*, *Carya* et *Pterocarya* (diagrammes IV, VI et VII).

Deux subdivisions palynologiques basées, d'une part sur le rapport sylve/herbacées et d'autre part sur les proportions relatives des différents groupes parasociologiques d'arbres, peuvent être établies.

Prétiglien B1 (diagrammes II et III : 4a).

C'est une phase à végétation mixte (sylve et herbacées), avec dans l'ensemble une représentation des Feuillus supérieure à celle du Pin. Ce "sous-étage" est reconnu jusqu'à 1 040 m dans le compartiment effondré.

Vers 1 000 m on note un accès du Pin puis à 1 010 m une forte prédominance d'herbacées (plus de 90 % de AP + NAP).

Il n'est pas absolument prouvé que ce niveau de 1 010 m comporte une signification de dégradation climatique et ceci pour deux raisons (diagrammes VII bis, VIII bis).

- le groupement sylvatique est représenté en majorité par des Feuillus, les Conifères ne dépassant pas 1,6 % de AP + NAP (diagramme VII bis)
- l'abondance des herbacées représentées principalement par des Graminées et des Caryophyllacées (60 à 75 % de AP + NAP) paraît très locale, puisque des échantillons voisins prélevés dans les mêmes couches (FB-F4C) ont un taux d'herbacées qui tombe (respectivement) à 34,2 et 11,6 % de AP + NAP (diagramme VIII bis).

Il pourrait donc s'agir d'une modification locale de la végétation d'origine édaphique. Dans ces tufs, les débris de bois sont nombreux. La couverture forestière a pu être localement détruite lors des projections. Après édification d'un nouveau sol, les herbacées (Caryophyllacées notamment) auraient joué le rôle d'éléments pionniers sur cette surface dénudée.

Cependant, on ne peut pas exclure à priori une modification du paysage végétal par suite de dégradation climatique, puisque les déterminations génériques ou spécifiques des Caryophyllacées n'ont pas pu être faites.

Prétiglien B2 (diagrammes II et III : 4b).

A partir de 1 040 m (compartiment effondré) et jusqu'à 1 200 m (compartiment surélevé), il y a une alternance de niveaux riches en herbacées et Pin t. sylvestre (RNES) et de niveaux exclusivement composés de Pin.

Les types de transition se réduisent fortement.

Les herbacées, en pourcentages beaucoup plus importants que dans les niveaux plio-prétigliens précédents, ont également une plus large représentation puisqu'elles groupent 37 représentants (familles ou genres, diagrammes VIII et VIII bis). Elles dénotent, par conséquent, un accroissement des espaces découverts.

- Les Graminées restent largement représentatives (atteignent ou dépassent 50 % de AP + NAP).
- Les Caryophyllacées ont des poussées importantes dans certains niveaux. Mais on a vu que leur présence n'était pas obligatoirement liée à des modifications climatiques qui auraient entraîné une modification du couvert végétal.
- Les Composées (Tubuliflores-Liguliflores-*Artemisia*) sont représentées régulièrement, de même que les Ombellifères et les Ericacées.
- Les Plantaginacées sont plus sporadiques.
- Enfin les Pteridophytes (spores monolètes lisses en majorité) sont constamment présentes et atteignent 59 % de AP + NAP.

Remarque. L'échantillon *F7* (prélevé dans le même affleurement que *LMB-A*) diffère des autres échantillons de la deuxième phase B2 du Prétiglien par les caractéristiques polliniques suivantes : les types de transition atteignent 10 % et les Feuillus, 45 % (avec 12,8 % de Chêne) (diagrammes II et VI).

Cet échantillon appartient à un sédiment composé de blocs cinéritiques emballés dans une matrice qui est situé sur le flanc nord-ouest de la Montagne de Bozat et qui doit être considéré comme remanié. Par conséquent, ses données polliniques ne peuvent s'inscrire dans la dynamique floristique de la série de Vendeix.

3) Interprétation climatique du diagramme pollinique de la série de Vendeix.

On peut dire sans aucun doute que la série de Vendeix enregistre une accentuation prononcée de la dégradation du climat, marquant ainsi la base du Villafranchien. Par contre, il faut être très prudent dans les interprétations climatiques que l'on serait tenté de donner sur les variations apparentes de la flore entre B1 et B2.

Tenant compte des facteurs suivants : spectres isolés - topographie préexistante qui nous est en partie inconnue et sur laquelle se sont moulées les projections - morcellement des dépôts par instabilité du substratum - étagement de la végétation, deux hypothèses sont proposées pour expliquer ces variations. Elles peuvent être dues :

- soit aux différences d'altitude,
- soit à une variation climatique.

Cette deuxième hypothèse peut être retenue si l'on tient compte du contexte géographique qui représentait à cette époque une dépression entourée de reliefs. Dans ce cas, la partie supérieure B2 de la série de Vendeix se serait déposée sous des conditions climatiques plus rudes que la phase B1. Ces conditions auraient favorisé le morcellement de l'aire des Feuillus et facilité l'expansion des forêts de Conifères et des formations herbacées ⁽¹⁾.

=====

(1) *A titre d'hypothèse, nous avons assimilé à une brèche de faille, des sédiments riches en blocs cinéritiques, observés sur la route D88 (p. 43). Ces sédiments pourraient être également l'indice d'un climat froid et humide, provoquant la fragmentation des cinérîtes, entraînées sur les pentes dans des coulées boueuses. Ce phénomène a été mis en évidence dans des dépôts prétiigliens du Cantal (S. DURAND, R. REY, 1964).*

L'accentuation du refroidissement correspondrait alors vraisemblablement à la progression du plus ancien glacier reconnu dans la région (Donau ?), qui a raboté les grands sommets volcaniques du Mont-Dore s'élevant à plus de 2 400 m (L. GLANCEAUD et coll., 1969).

4) Remarques sur la morphologie pollinique de quelques genres.

Carya

Comme au Pliocène, deux formes de *Carya* coexistent : une petite de 34 μ et une moyenne de 38-40 μ à 45 μ .

La dimension la plus courante est de 38-40 μ (FB). Les formes correspondantes ont trois pores, exceptionnellement quatre, distants du contour équatorial d'une largeur égale ou légèrement inférieure à leur diamètre.

Plus rarement on rencontre des grains de 34-35 μ de diamètre, avec des pores assez éloignés du contour équatorial (FA ou FB) ou des grains de 45 μ à cinq pores (FB) qui sont proches de ceux qu'on trouve dans certains sédiments de la série de Chambon.

Pinus canariensis C. Smith

Cette espèce de Pin a été rencontrée dans les dépôts préligiens, plus communément et avec une fréquence plus élevée que dans les dépôts pliocènes (jusqu'à 5 %).

Elle est particulièrement bien représentée dans le niveau F7 où elle atteint 8 %, mais nous avons vu que la présence de ce niveau dans la série préligienne peut être due à un remaniement.

La diagnose de ce Pin est la suivante :

Corps		-	ellipsoïde allongé
			T = 85 μ
			calotte unie ou faiblement ondulée de type 1, de 2 μ
		-	d'épaisseur. Crêtes proximales de 5 à 6 μ d'épaisseur.
Ballonnets		-	P = 35-40 μ
			D = 45-60 μ
			type 1 ou 2
		-	non emboîtants avec une attache large

T R O I S I E M E C H A P I T R E

=====

APPLICATION DES METHODES PALYNOLOGIQUES A LA STRATIGRAPHIE
DES FORMATIONS DE MURAT-LE-QUAIRE

Nous avons appelé *formation de Murat-le-Quaire*, un ensemble de projections qui affleurent dans le secteur situé entre la Bourboule et Murat-le-Quaire. Cette formation est facilement observable le long de la route qui relie ces deux bourgs et dans les ravins qui entaillent le flanc méridional du Massif de la Banne d'Ordanche.

Ces dépôts offrent une succession stratigraphique qui, dans ses grandes lignes, est identique à celle des séries de la Bourboule et Vendeix que nous venons de définir.

Voici les différents termes de cette série, leurs caractéristiques lithologiques et palynologiques et leur position dans l'échelle chronologique du Plio-Villafranchien.

1) Cinériles fines.

Localement riches en ponces (sous le cimetière de la Bourboule), elles affleurent entre 860 et 920 m. Elles sont représentées par les échantillons *R1MQ* et *R2MQ*, prélevés à 910-920 m dans un ravin au N de la Farge (carte 5).

Par leur contenu pollinique, ces cinérites appartiennent à la série de la Bourboule. Par certains critères, elles se rapprochent du niveau inférieur pliocène A, par d'autres, du niveau supérieur pliocène B (diagrammes IX et X).

- Affinités avec le Pliocène A (diagramme IX).

- Le groupe I est caractérisé par une prédominance de *Taxodiacées* [*Taxodium* (3 à 4,5 %) dominant le genre *Sciadopitys*].
- Les Monocolpés et les Triporés (type *Triatriopollenites bituitus*) sont présents mais en pourcentages inférieurs à 0,9 %.
- *Pinus t. haploxyton* est légèrement prédominant sur *P. t. silvestris*.
- Quelques morphoespèces sont présentes exceptionnellement (*Tricolpopollenites liblarensis* s.sp. *liblarensis* et s.sp. *fallax*).

- Affinités avec le Pliocène B.

Le groupe I ne dépasse pas 7 % et les Conifères oscillent entre 34 et 47,5 % (diagramme X).

En conclusion à cette étude comparative, ces cinérites semblent constituer un terme de passage entre le Pliocène A et le Pliocène B.

2) Tufs cinéritiques.

Ils sont plus ou moins graveleux et englobent des argiles sapropéliennes (Mqr2) avec débris de bois, visibles à 925 m. Localement (940 m) ces tufs sont fins et riches en ponces (Mqr3B).

- Le groupe I est absent ou faiblement représenté (diagramme X) [*(3 %)* *Taxodiacées*].
- Les types de transition du groupe II atteignent 22,7 % (diagramme X).
- Le Pin *t. haploxyton* s'efface devant *P. t. silvestris* mais garde encore des fréquences allant de 6 à 10,2 % (diagramme IX).

De tels critères permettent de rattacher ce niveau à *la série de Vendeix* (base du Prétiglien ou Prétiglien A ?). Il en serait de même pour les tufs ponceux, situés immédiatement au-dessus des précédents (945 m). Ils n'ont pas fourni de spectre pollinique, mais leur cortège minéralogique est celui de la série de Vendeix : "*type rhyolitique*" (sphène + zircon) (MQ4B, voir figure 11).

3) Cinérites à blocs.

Ravinant irrégulièrement ces dépôts, la cinérite à blocs prétiglienne, dont on avait remarqué l'extension sur la rive gauche de la Dordogne, couronne les tufs précédents.

En conclusion, *tufs et cinérite à blocs* sont à rattacher à *la série de Vendeix*. Par contre, il n'est pas possible d'observer le ravinement des dépôts pliocènes sous-jacents comme on l'a observé au S de la Bourboule.

Ces dépôts viennent buter contre un des compartiments granitiques du voussoir du Charlet que la route recoupe en lacets entre 960 et 990 m. Ce contact entre : arène granitique et tufs, s'observe à 990 m, dans le virage de la route sous la colonie de Clichy la Garenne. Ce contact oblique peut correspondre, soit à une faille, soit à la limite d'un ancien talweg. Dans ce cas, les projections remblaieraient une ancienne vallée creusée dans le socle avant le Villafranchien inférieur. A ce contact, le sédiment est détritique, avec des granules et galets de petite dimension, peu émoussés (granite en particulier) et il est riche en grains de quartz, dont certains sont pyramidés.

Un niveau de tufs à quartz automorphes a déjà été signalé sur la route de Vendeix. L'existence de failles et la complexité paléomorphologique de tout ce secteur ne nous permet pas de considérer ce niveau comme un repère stratigraphique.

A 1 000 m, sous la coulée de basalte que coiffe le château de Murat-le-Quaire, affleurent des tufs cinéritiques ponceux, massifs. Un seul échantillon (*MQ châ.*) a fourni un spectre (diagrammes IX, X). Celui-ci, aberrant par la fréquence élevée de *Pinus canariensis* (24,4 %) qui constitue la quasi totalité du groupe II (25 %), n'est pas représentatif d'une époque donnée.

Le seul critère que nous possédions et qui pourrait définir la limite inférieure de l'âge de ces projections, réside dans leur composition minéralogique (voir figure 11). Ces dépôts, en effet, ne contiennent pas le cortège : *sphène + zircon* caractérisant les séries de la Bourboule-Vendeix, mais celui qui est dominant dans les séries plus récentes post-prétigliennes.

Il est à noter d'autre part, que *Pinus canariensis* a été trouvé jusque dans la série waalienne de Queureuilh. Il pourrait s'agir là d'un lambeau de tufs de remblaiement identiques à ceux observés dans la vallée de Guéry et qui aurait été protégé contre les érosions fluviales et glaciaires ultérieures, par la coulée de basalte sus-jacente. Toutefois, connaître l'âge de ce basalte serait indispensable pour étayer une telle hypothèse.

Q U A T R I E M E C H A P I T R E

=====

COMPARAISON DE LA FLORE DU PLIO - PRETIGLIEN DU MONT-DORE
AVEC CELLE D'AUTRES REGIONS DE FRANCE ET D'EUROPE

A) PLIOCENE

1) Pays-Bas.

Les recherches palynologiques effectuées par W.H. ZAGWIJN (1959-1960) sur des sondages traversant les dépôts fluviatiles des "Roertal graben", "Venlo graben" et du "Peelhorst", ont amené l'Auteur à faire des subdivisions stratigraphiques dans les formations suivantes :

- "Kieseloölite Formation"	Pliocène-Prétiglien
- "Tegelen Formation"	Tiglien
- "Kedichem Formation"	Eburonien-Waalien-Ménapien
- "Sterksel Formation"	Cromérien

Pour les subdivisions stratigraphiques du Pliocène, l'Auteur s'est appuyé, non pas sur des différences qualitatives, les spectres comptant dans l'ensemble les mêmes taxons, mais sur des variations *quantitatives*. Il a ainsi défini trois périodes principales qui sont, de la plus ancienne à la plus récente : *Sustérien-Brunssumien-Reuvérien*

et dont voici les caractéristiques principales : le Brunssumien diffère des deux autres étages par une forte prédominance de *Sequoia* dans son ensemble (atteignant 70 % de AP + NAP). Le Sustérien a des proportions plus faibles d'éléments pliocènes dits "tertiaires", un accroissement de *Pinus t. haploxylo*n et de la Chênaie mixte. Le Reuvérien a d'une façon générale une prédominance en Pin, avec localement de forts pourcentages de *Taxodium*, *Sciadopitys*, *Nyssa* et *Alnus*.

La comparaison de notre région avec celle des Pays-Bas, nous amène à faire les remarques suivantes :

- le Pliocène de la Bourboule est très différent du Brunssumien. En effet, si l'un et l'autre présentent un large éventail floristique (en particulier une large représentation des types tertiaires et de transition), le Brunssumien des Pays-Bas, par contre, se distingue par un fort pourcentage des groupes I + II (pouvant atteindre 70 %, exceptionnellement 80 % de AP + NAP) et par de fortes différences de fréquences entre les divers représentants de ces groupes.

C'est ainsi que les types tertiaires sont très nettement dominés par les Taxodiacées (*Sciadopitys* inclus), accompagnées de *Nyssa* et secondairement de *Liquidambar*, etc. *Sequoia* est localement très abondant et dans certains niveaux (niveau B du Brunssumien), ses baisses de fréquences correspondent à des poussées de *Sciadopitys*.

Parmi les types de transition, les Myricacées restent relativement abondantes par rapport à *Pinus t. haploxylo*n et aux Juglandacées.

- Le Pliocène de la Bourboule est également différent du Reuvérien des Pays-Bas, car ce dernier présente dans l'ensemble une prédominance en Pin.
- Par contre, la flore pollinique du Pliocène A de la Bourboule présente plusieurs points communs avec le Sustérien néerlandais, dans lequel on a :
 - réduction des groupes I + II (20 à 30 %, exceptionnellement 40 % de AP + NAP).
 - tendance à l'égalisation des fréquences des représentants arborescents et arbustifs.
 - *Pinus t. haploxylon* plus fréquent que dans les étages supérieurs mais restant toutefois en proportion plus faible que *P t. silvestris*.

Quelques genres ou espèces n'ont pas leur équivalent dans les dépôts du Mont-Dore. Il s'agit de *Aesculus*, *Rhus cotinus*-type, *Tricolporites edmundi*, *T. meqaexactus (brühlensis)*, *T. pseudocingulum*, *Phellodendron*.

2) Allemagne.

Une comparaison de nos diagrammes avec ceux du Pliocène de l'Ouest allemand nous amènerait aux mêmes remarques que celles que nous venons de faire à propos du Pliocène néerlandais. L'équivalence entre les dépôts pliocènes allemands (Niederrheinischen Bucht) et ceux des unités tectoniques néerlandaises correspondantes a été établie par les Auteurs allemands (G. von der BRELIE, 1959 a et b, etc.). Ceci a pu être fait malgré des compositions floristiques étroitement liées au faciès et malgré le morcellement tectonique de la région.

3) France.

a - Vallée du Rhône.

Trois gisements pliocènes de la vallée du Rhône ont fait l'objet d'une analyse palynologique détaillée par A. PONS (1964).

La comparaison de ces gisements avec la série de la Bourboule est difficile à établir pour trois raisons :

- la précision apportée par l'Auteur dans la détermination spécifique d'un certain nombre de genres,
- le caractère particulier de l'environnement (proximité de la mer pliocène dans le couloir rhodanien),
- l'altitude (et la latitude, pour le gisement de la Bégude) plus basses que celles du Mont-Dore.

Le trait essentiel qui distingue la flore pliocène de la vallée du Rhône de celle du Mont-Dore est, chez la première, une richesse plus grande dans la représentation floristique ⁽¹⁾. En effet, 139 taxons ou formes polliniques ont été inventoriés. Parmi ceux-ci, cinq présentent leur optimum de développement dans les sédiments miocènes (*Lygodium*, *Pinus rigida*, *Liriodendron*, *Sporites ligneolus*, *Tricolporopollenites megaexactus*).

=====

(1)

Toutefois dans les deux cas, on note un équilibre des fréquences des différents représentants sylvatiques. On verra qu'au cours des périodes plus récentes, en même temps qu'un appauvrissement de la végétation arborescente, cet équilibre sera rompu au profit de certains groupements végétaux prédominants.

Ces formes sont associées à d'autres telles que *Magnolia*, *Platycarya*, *Tricolporopollenites sutsmanni*, à des *Palma*cées, *Sapota*cées, formes qui n'ont pas été reconnues dans le Pliocène du Mont-Dore.

Parmi les genres communs dans les deux régions, il faut noter que *Pterocarya* et *Liquidambar* sont mieux représentés dans la vallée du Rhône. Dans les dépôts pliocènes du Mont-Dore, nous n'avons trouvé seulement que deux pollens de *Liquidambar* (sur neuf grains pour l'ensemble des comptages dans les dépôts plio-villafranchiens).

Quant à *Engelhardtia*, un seul grain a été trouvé au Mont-Dore, alors que dans la vallée du Rhône, bien qu'en pourcentage inférieur à 3 %, ce genre est présent dans presque tous les niveaux.

Chaque gisement de la vallée du Rhône présente, du point de vue pollinique, une individualité propre :

Mollon-Rivière.

- (1) - équilibre des fréquences des deux types de Pin : *haploxylon* et *silvestris*,
- (2) - développement sensiblement égal dans les Taxodiacées de *Taxodium* + *Sequoia* et de *Sciadopitys*,
- (3) - *Liquidambar* nettement représenté,
- (4) - parmi les types de transition, *Carya* dominant (approchant de 10 %). Secondairement *Pterocarya* et *Tsuga* (ce dernier apparaissant moins régulièrement),
- (5) - développement de *Corylus*,

- (6) - développement sensiblement égal d'*Abies* et de *Picea*,
- (7) - développement sensiblement égal du Chêne et des Ulmacées.

Mollon-Ravin.

- (1) - localement, différence de fréquences entre les deux types de Pin,
- (2) - accroissement des Taxodiacées: *Sequoia* et *Taxodium* par rapport à *Sciadopitys*,
- (3) - *Liquidambar* bien représenté,
- (4) - prédominance de *Carya* sur *Pterocarya*,
- (5) - trace de *Tsuga* et de *Corylus* et *Alnus*,
- (6) - équilibre entre les fréquences d'*Abies* et de *Picea*.

La Bégude.

- très forte différence de fréquences entre les deux types de Pin (Pin t. sylvestre très dominant),
- fortes poussées locales de *Taxodium*,
- *Carya* moins abondant,
- *Pterocarya* et *Abies* faiblement représentés,
- présence de *Tsuga*, *Corylus*, *Alnus*,
- *Quercus* dominant les Ulmacées.

Hauterive - Exploitation.

- prédominance de *Pinus t. silvestris* sur *P. t. napoleon* (très nette à Hauterive-Clarey),
- développement nettement supérieur de *Taxodium*, *Sequoia* par rapport à *Sciadopitys*,
- prédominance de *Taxodium* sur *Sequoia*,
- *Liquidambar* nettement représenté,
- prédominance de *Carya* sur *Pterocarya*,
- présence de *Corylus* et d'*Alnus*,
- très nette dominance du Chêne sur les Ulmacées,
- dominance de *Picea* sur *Abies*.

Une comparaison de notre région avec ces trois localités peut être tentée, dans la mesure où elle porte sur les proportions relatives des différentes familles ou genres que nous venons d'énumérer.

Dans cette optique, on peut dire que c'est avec le niveau de Mollon-Ravin que le Pliocène A de La Bourboule, présente le plus de similitude, pour les points (1), (2), (3) et (6).

Par contre, le Pliocène A serait plus proche de Mollon-Rivière en ce qui concerne le premier caractère (1).

Toutefois, on peut dire que dans l'ensemble, ces deux gisements de Mollon sont les seuls qui présentent, comme dans le Mont-Dore, sensiblement un équilibre des fréquences entre les deux types de Pin.

Or, ces dépôts pliocènes rhodaniens sont également les seuls à contenir des formes à affinités miocènes qui, selon l'Auteur, leur confèreraient un caractère d'ancienneté, (Sustérien ?). Doit-on dès lors, par comparaison, considérer les sédiments de la Bourboule comme contemporains ?

Nous avons déjà émis l'hypothèse d'un Pliocène ancien pour ces dépôts (A. BRUN, L. GLANCEAUD, 1967), hypothèse cependant bien fragile pour les raisons suivantes :

- les types à affinités miocènes développés dans les dépôts miocènes rhénans ("Niederrheinischen Bucht", G. von der BRELIE, 1961) tels que *Cupuliferoipollenites fallax* R. Pot. *Quercoidites henrici*, *Q. microhenrici*, cf. *Rhus-pollenites*, ne se trouvent qu'en grains isolés dans un seul niveau de la Bourboule.
- En ce qui concerne *Triatriopollenites rurensis* : n'ayant distingué aucune différence morphologique entre cette forme spécifique du Miocène et le genre *Myrica* trouvé à la fois dans le Pliocène et le Villafranchien du Mont-Dore, nous ne pouvons utiliser cette morphoespèce comme indicateur stratigraphique.
- *Engelhardtia* sp. qui ne dépasse pas la limite supérieure du Miocène dans les dépôts rhénans, se trouve par contre occasionnellement dans le Sustérien et le Brunssumien néerlandais.

Les Triporés qui semblent se référer à *Triatriopollenites bitricus* et qui sont présents dans tous les niveaux, seraient les seuls pollens associés peut-être aux Monocolpés, qui pourraient faire rapporter les cinérites du niveau inférieur de la série de la Bourboule à un Pliocène ancien.

Très récemment nous avons pris connaissance de la thèse de H. MEON-VILAIN (1970), dans laquelle les gisements de Mollon ont été analysés. Ayant évoqué les attributions antérieures de ces gisements soit au Brunssumien (par elle-même), soit au Sustérien (par A. PONS), l'Auteur ajoute (p. 114) : "qu'il paraît désormais plus vraisemblable que les niveaux de Mollon soient plus anciens. Des études de gastropodes et de micromammifères (MEIN et TRUC, 1966) ont permis de paralléliser les niveaux de Mollon et ceux de Lobrieu (Toulouse) : or le gisement de Lobrieu serait miocène supérieur".

Etant donné que cette nouvelle datation n'est pas essentiellement basée sur des arguments palynologiques, il nous est difficile de la faire intervenir dans notre raisonnement.

En tout cas, nous l'avons vu, au Mont-Dore le Pliocène ancien (Pliocène A) se distingue d'un Pliocène plus récent (Pliocène B), moins riche en représentants des groupes I et II.

b - Cornuscles (Ardèche).

La position stratigraphique de ce gisement, comparée à celle des gisements pliocènes de la Bourboule et du sillon rhodanien et des gisements miocènes du massif du Coiron (P. GRANCHIN, 1933), a été discutée par A. PONS (1968). Selon cet Auteur, un rapprochement peut être fait avec le gisement de Mollon (Pliocène inférieur). Les traits essentiels qui se dégagent sont les suivants :

- équilibre des fréquences des deux types de *Pia* (*Pia* (*Helicostoma*), *Helicostoma*),
- légère prédominance des *Taxodactylus* sur *Helicostoma*,
- *Helicostoma* exceptionnel,

- prédominance de *Carya* sur *Pterocarya*,
- faible représentation de *Tsuga* (sensiblement égale à celle de *Sciadopitys*),
- représentation floristique moins large que celle du Pliocène rhodanien (39 genres ou familles reconnus).

Par tous ces caractères, le Pliocène A du niveau inférieur de la série de la Bourboule se rapproche plus encore du gisement de *Cornuscles* que de celui de Mollon. Or, *Cornuscles* se situe à 940 m, donc à une altitude voisine de celle de la région de la Bourboule, tandis que Mollon n'est seulement qu'à 150 m.

A *Cornuscles*, les différences avec le Mont-Dore portent principalement :

- sur la présence de *Quercus ilex*, *Tricolporopollenites megaexactus*, de Sapotacées, taxons que l'on n'a pas rencontrés dans le Mont-Dore,
- sur une présence plus marquée d'*Engelhardtia*.

c - Conclusion à l'étude comparative du Pliocène de la vallée du Rhône, de *Cornuscles* et de la Bourboule.

Si les caractéristiques floristiques de ces trois gisements, fondées sur des données polliniques à la fois qualitatives et quantitatives, prêchent pour leurs appartenances au Pliocène s.l., elles ne doivent pas cependant, malgré certaines convergences, nous autoriser à en déduire leur contemporanéité.

Certes, la similitude des formes polliniques est d'autant plus marquée que les contextes géographiques sont plus voisins. Un tel

argument, qui pourrait laisser préjuger du synchronisme des dépôts, doit être cependant étayé par des données paléontologiques ou géochronologiques, pour prendre toute sa signification stratigraphique.

B) PRETIGLIEN

1) Pays-Bas.

Les caractères distinctifs des flores prétigliennes et pliocènes du Mont-Dore sont les mêmes que ceux des Pays-Bas. Ils sont les suivants :

- accroissement de *Pinus t. silvestris*,
- accroissement des herbacées.

La différence essentielle entre les deux régions réside dans le fait qu'aux Pays-Bas, parmi les types tertiaires, se trouvent les genres *Sciadopitys* et *Taxodium* et très exceptionnellement encore (sondage de Koningsbosch), *Engelhardtia*, *Nyssa* et *Liquidambar*.

Ces essences n'ont pas été rencontrées dans le Prétiglien montdorien. Le caractère montagnard de cette région a pu accentuer les effets d'une dégradation climatique générale, beaucoup plus efficace.

2) Italie.

Des études palynologiques détaillées, associées à des données paléontologiques (Vertébrés), ont permis aux Auteurs italiens (F. LONA, 1950, S. VENZO, 1953, F. LONA et M. FOLLIERI, 1957) d'établir la stratigraphie de l'importante formation lacustre du bassin de Leffe (Bergame), épaisse de 150 m et située à l'altitude 450 environ. Ces études faites en série continue ont pu être réalisées grâce à des puits d'exploitation de lignite (S. Lucio, S. Andrea) et à des fouilles

de la "Societa Cementi di Vertova". La succession stratigraphique est continue et va du Donau II (?) au Mindel II inclus (voir figure 4).

Un étroit parallélisme du point de vue paléobotanique a été établi entre les séquences climatiques du bassin de Leffe et celles des Pays-Bas par W.H. ZAGWIJN (1957, tableau p. 241). Cet Auteur souligne les équivalences suivantes :

Gunz III - Mindel	Cromérien
Gunz III	Ménapien
Gunz I - III (1)	Waalien
Gunz I	Eburonien
Donau II - Gunz I	Tiglien
Donau II (?)	Prétiglien

La végétation enregistrée par le troisième banc de lignite rapporté au Donau II (?) (III banco, à la base du puits San Lucio) présente les caractéristiques suivantes : "bosco di clima freddo, confrontabile approssimativamente con quello attuale attorno ai 1 200-1 800 metri" (S. VENZO, p. 81).

Si nous considérons les pourcentages d'arbres dans l'optique de groupes parasociologiques telle que nous l'avons envisagée

=====

(1) *Le glacière du Gunz II correspondrait à une oscillation froide décelée par W.H. ZAGWIJN dans le Waalien néerlandais (voir figure 4).*

dans cette étude, nous avons les pourcentages suivants :

Types tertiaires	0
Types de transition	10-14 %
Feuillus	4-12 %
Conifères	77-86 % (1)

Ces fréquences sont assez voisines de celles des spectres du Prétiglien du Mont-Dore. Par contre, le Cèdre est présent et atteint même des fréquences élevées (44 %) dans les interstades du Villafranchien.

3) France.

a - Velay.

L'étude géologique du bassin du Puy et de la vallée de l'Allier a été étudiée en détail par P. BOUT (1960). Cet Auteur a mis en évidence deux remblaiements villafranchiens emboîtés l'un dans l'autre, séparés par une période de creusement importante. Ces remblaiements, constitués en majeure partie d'alluvions lacustres (sables et graviers, argiles sableuses, argiles, tufs, conglomérats), ont livré d'importantes faunes comprenant notamment, pour le premier, l'association de *Mastodon borsoni* et *Mastodon arvernensis* et pour le second : à sa base, *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis* archaïque, *Rhinoceros etruscus* et au sommet, *Elephas meridionalis* et *Rhinoceros etruscus*.

=====

(1) Dans ce groupement, un certain pourcentage d'*Epicea* nous semble devoir être rapporté à des formes éteintes ou exotiques.

L'étude pollinique réalisée par F. FLORSCHUTZ sur des échantillons pris en affleurement dans les dépôts des deux remblaiements, a donné les successions paléoclimatiques suivantes : *quatre périodes froides se situant chacune au début et à la fin de chaque remblaiement*. Les deux premières encadrent une période chaude et sèche, les deux dernières, une période chaude et humide.

Les phases froides sont surtout dominées par le Pin avec accessoirement de l'Epicea et des Graminées et les phases chaudes, par les Feuillus.

Tenant compte des données paléontologiques et paléobotaniques (variations de la composition végétale et valeur stratigraphique de certaines associations), la chronologie peut être schématisée de la façon suivante :

Saint-Vidal	-	- Episodes froids du sommet du deuxième remblaiement : GUNZ
		- Longue période chaude humide (la plus riche en formes végétales) : TIGLIEN
Roche-Lambert	-	- Phases froides de la base du deuxième remblaiement
		Creusement
Ceyssac et Riou	-	- Phases froides et chaudes du premier remblaiement : DONAU s. 1.

Cette classification stratigraphique a l'avantage de rendre possible une comparaison avec notre région, comparaison d'autant plus intéressante que le cadre géographique du bassin du Puy n'était certainement pas très différent de celui du Mont-Dore : bassin situé aux environs de 800 m d'altitude, entouré de reliefs qui dépassaient 1 700 m (Monts du Velay, Mézenc).

Les niveaux du premier remblaiement appartenant au Donau s. l. et assimilés, tout au moins pour une partie, au Prétiglien dans la classification générale, présentent des caractères très proches de ceux de la série de Vendeix. Ce sont les suivants :

- types tertiaires absents ⁽¹⁾,
- très large dominance du *Pinus t. silvestris* alternant avec l'*Epicea*,
- types de transition accessoires (même dans la phase dite chaude et sèche) groupant *Pinus t. haploxylon* (d'une façon assez constante), associé secondairement à *Tsuga*, *Carya* et très exceptionnellement *Pterocarya*,
- Feuillus également accessoires,
- localement, fortes poussées de Graminées et Cyperacées (notamment au cours des phases froides, quand la forêt péricleite).

b - Cantal.

Les études stratigraphiques et palynologiques entreprises sur la diatomite de Sainte-Reine au N-NE de Murat (S. DURAND, R. REY, 1964 et R. REY, 1965) ont amené les Auteurs à distinguer un niveau inférieur *reuvérien* (Pliocène terminal) et un niveau supérieur *prétiglien*.

Le niveau inférieur groupe en moyenne 91 % de Conifères (Pin, Sapin, Epicea), 6,5 % de types tertiaires et de transition,

=====

(1) Nous excluons le genre *Fagus* (formes "reuvériennes") comme type tertiaire, parce que sa détermination spécifique n'a pas été faite.

2 % de Feuillus et 1 % d'herbacées. Le niveau supérieur compte 50 % d'herbacées et parmi les arbres, aucun type tertiaire ni de transition (exclusivement Pin, Saule, Bouleau).

Dans le niveau inférieur, la présence des formes tertiaires, mais en fréquence relativement faible, conduit les Auteurs à placer cet épisode dans le Pliocène terminal, par analogie avec les dépôts reuvériens des Pays-Bas et de l'Allemagne ⁽¹⁾. Ces spectres n'ont pas leur équivalent au Mont-Dore dans les dépôts pliocènes, mais par contre, ils peuvent se rencontrer dans les dépôts prétingliens. Une analyse pollinique beaucoup plus poussée serait souhaitable et en particulier dans le niveau inférieur, pour saisir plus précisément la limite plio-prétinglienne. Ceci est d'autant plus réalisable que ce type de dépôt en sédimentation continue n'a pas subi les conséquences du surcreusement plio-villafranchien enregistré dans le Mont-Dore et il se prête donc particulièrement bien à une étude pollinique détaillée.

(1) Toutefois dans ces régions les Conifères n'atteignent pas un taux aussi élevé qu'à Sainte-Reine.

C I N Q U I E M E C H A P I T R E

=====

RELATIONS PALYNOLOGIE - PALEOMAGNETISME - GEOCHRONOLOGIE

Les relations entre la palynologie, le paléomagnétisme et la géochronologie permettent de mettre en parallèle les échelles de palynologie stratigraphique et du paléomagnétisme.

1) Critères de palynologie.

La palynologie nous a amenée à définir deux périodes séparées par une phase d'érosion :

Pliocène

érosion

Prétiglien

2) Critères de paléomagnétisme et de géochronologie (voir tableau h. t.).

Les importants travaux de C. BOBIER (1971), précédés d'une première étude de M. VIGNERON (1966) sur le paléomagnétisme des roches volcaniques du Mont-Dore, ont amené le premier de ces Auteurs à replacer dans le temps la succession des phénomènes volcaniques suivants :

- Après l'éruption du dôme rhyolitique de Lusclade-La Gacherie/(24) ⁽¹⁾ il y a environ 6 à 7 MA (L. GLANGEAUD

=====

(1) Les coulées, dômes ou dykes qui ont fait l'objet d'analyse de paléomagnétisme ou de datation radioactive sont mentionnés sur les cartes 2 et 3 avec une numérotation identique à celle qui figure dans les travaux de C. BOBIER (1971).

et coll., 1965), apparurent vers 3,7 MA c'est-à-dire à la partie supérieure de l'époque de Gilbert (événement de Cochiti compris) ⁽¹⁾, des phonolites, trachyandésites et basaltes.

Basalte du Pré Cohadon (20) affleurant à la partie inférieure du flanc occidental de la Banne d'Ordanche et qui s'est épanché sur l'ancien relief du volcan rhyolitique.

Phonolite de Lusclade (28) : 3,7 MA (P. DUMESNIL), aimantation + (C. BOBIER). Seraient contemporaines ou sub-contemporaines : la phonolite inverse de la Roche Sanadoire, les phonolites du Roc Blanc (02) à aimantation normale et du Genestoux (29).

Trachyandésite de Lusclade (27) : 3,2 MA (R. LETOLLE), aimantation inverse (C. BOBIER).

- A l'époque de Gauss, il y aurait eu une phase d'érosion active (visible dans la haute vallée du ruisseau de Guéry).
- Enfin, pendant l'époque de Matuyama inférieur se seraient épanchées les coulées d'ordanchite et de basalte à aimantation négative (15a-b), descendant de la Banne d'Ordanche et affleurant à la partie supérieure de son flanc occidental (1 250-1 300 m).

Ces formations se rapprocheraient des sites suivants : labradorite de Guéry (G4) à aimantation inverse : 2,15 MA (- 0 + 0,5), trachyandésites du Puy Gros (GR1), basalte de la Fougère (33), phonolite de la Gacherie (25), basalte du col de Guéry (07) (08), ordanchite de l'Aiguiller.

(1) Echelle de paléomagnétisme de A. COX (1969).

3) Corrélations.

Comment mettre en corrélation les données stratigraphiques fournies par le paléomagnétisme et la géochimie, avec celles de la palynologie ? C'est la phase de creusement, mise en évidence par ces deux ensembles de méthodes, qui sert de repère chronologique. Le parallélisme entre les deux séries stratigraphiques s'établit donc de la façon suivante (voir tableau h. t.) : le Pliocène, ou une partie tout au moins, se situerait dans l'époque de Gilbert et le Prétiglien dans le Matuyama inférieur. La limite plio-villafranchienne se placerait aux environs de 2,5-3 MA. Ceci serait en accord avec les observations faites par C. BOBIER sur le Velay (1969) : "le nombre des coulées à aimantation inverse mises à jour avant et pendant le second remblaiement nous incite à penser que cette phase de sédimentation lacustre est contemporaine de Matuyama qui d'après DOELL, s'échelonne de 2,5 à 0,7 MA" ⁽¹⁾. Les cinérites sous-jacentes à la carapace inverse du versant occidental de la Banne d'Ordanche seraient par conséquent pliocènes et à rattacher à la série de la Bourboule. Ainsi, au N de la Bourboule, se trouverait démontré l'emboîtement des dépôts prétigliens reconnus vers 930-940 m sur la route de Murat-le-Quaire, dans les dépôts plus anciens pliocènes affleurant au voisinage de 1 080 m.

La coulée négative du Rocher de l'Aigle, [trachyandésite (32)] qui coiffe les dépôts prétigliens comme vraisemblablement celle négative

=====

(1) D'autre part, cette limite ne serait pas très différente de celle fournie par l'âge du basalte de Roca Neyra [3,9 MA (G.H. CURTIS) et 3,1 MA (H. LIPPOLT)] qui est antérieur au remblaiement de Perrier englobant le Villafranchien ancien et le Villafranchien moyen (P. BOUT, 1967, 1968). Mais, précise cet auteur, de nouvelles mesures d'âge absolu sont nécessaires.

du plateau de Charlannes /basalte (31)/, sont d'après C. BOBIER contemporaines de la carapace inverse à l'W de la Banne d'Ordanche. Par leur position stratigraphique dans la série, elles appartiendraient plus vraisemblablement au Matuyama inférieur et seraient, par conséquent, contemporaines de la partie supérieure de cette carapace /bien qu'une datation, mais provisoire, ait donné pour la coulée du Rocher de l'Aigle un âge de 1,6 - 1,4 MA (R. MENENDEZ, *in litt.*), c'est-à-dire plus récent/.

TROISIEME PARTIE

BORDURES GRANITIQUES SEPTENTRIONALE
ET ORIENTALE DE LA FOSSE D'EFFONDREMENT
SERIE DE CHAMBON

Nous avons groupé, sous le vocable de "série de Chambon", des gisements de tufs et cinérites lacustres qui présentent des similitudes de composition pollinique et dont le type a été pris à Chambon.

Cette série, à l'inverse des autres, ne constitue pas une unité géographique définie : elle affleure en piacages au voisinage de 900-950 m dans le fond de vallées actuelles rayonnantes qui sillonnent les "horst" granitiques encadrant au N et à l'E la fosse d'effondrement volcanotectonique.

Sur les 17 échantillons qui caractérisent cette série, 13 d'entre eux ont été analysés par différents Auteurs (macroflore ou macroflore). Les premières études de macroflores faites sur les cinérites de la région de Chambon datent de 1892 (Abbé BOULAY). Elles ont été reprises en 1920 par R. de LA VAULX et P. MARTY et en 1959 par P. GRANGEON et A. RUDEL.

Malgré la dispersion géographique des différents gisements et l'absence complète de repère stratigraphique au sein de la série, les échantillons ont été placés sur un même diagramme. Celui-ci a pour but, uniquement, de permettre une comparaison de la composition végétale de la série avec celle des autres formations et ne peut par conséquent rendre compte de la tendance évolutive de la végétation. D'autre part, la comparaison des spectres entre eux doit être faite avec prudence, les déterminations n'ayant pas toutes été faites par les mêmes Auteurs.

I - LOCALISATION DES GISEMENTS ET CARACTERISTIQUES SEDIMENTAIRES.

1) A l'E de la fosse.

Les gisements fossilifères de la région de Chambon qui ont

fourni des restes de végétaux sont dans des cinérites ⁽¹⁾ du complexe volcanique du Saut de la Pucelle. Ce dernier est situé dans un compartiment effondré à l'E de la faille de Varennes (Ph. GLANGEAUD 1916, 1917 a et Ph. GLANGEAUD *in* R. de LA VAULX et P. MARTY, 1920). Les gisements se localisent plus précisément dans les deux ravins au N de Varennes, dans des cinérites intercalées au milieu de l'escarpement de la Dent du Marais, enfin dans les buttes moutonnées sur la bordure orientale du lac Chambon (880 m).

C'est dans les cinérites des buttes moutonnées qu'ont été entreprises ultérieurement les études polliniques (H. ELHAI et A. RUDEL, 1961).

Les échantillons *Chambon 3*, *3A*, *3B* et *4* ont été prélevés dans des cinérites légères et des niveaux ligniteux "à droite de la route qui conduit de la Nationale 496 à la plage du lac". Les échantillons *Chambon 104* et *Chambon 1* ^{x(2)} ont été prélevés à proximité des précédents.

A Varennes, un talus derrière l'hôtel Beau Site, à 900 m d'altitude, montre la coupe suivante : contre des bancs lités de cinérite fine (*Varennes 2^x*) alternant avec des bancs massifs de cinérites ou tufs ponceux, vient buter, par contact de faille ou de ravinement, un éboulis aux blocs de taille variable et faiblement classé à son sommet. L'ensemble a basculé et présente une légère inclinaison vers l'E. Une coulée de basalte sus-jacente, plus ou moins éboulée à cet endroit, couronne l'affleurement.

(1) Sur la feuille de Clermont-Ferrand, 3ème éd. : p_b et 4ème éd. : pa.

(2) Les x indiquent les échantillons que nous avons prélevés.

L'échantillonnage a également été réalisé dans des cinérites fines litées, riches en matières organiques et débris végétaux qui affleurent vers 940-960 m dans le ravin au N de Varennes (Varennes 3^x). Nous supposons que ces cinérites sont celles qui ont primitivement donné lieu aux découvertes d'empreintes foliaires.

2) Au N de la fosse.

Les gisements du Pont de Chocol (H. ELHAI, A. RUDEL, 1965) et de la Gratade (P. GRANGEON et A. RUDEL, 1962) se situent dans la vallée du ruisseau de Fontsalade entre Rochefort-Montagne au N et les Roches Tuilière et Sanadoire au S, vers 950-970 m. Ils sont constitués de cinérites ⁽¹⁾ et d'argiles ligniteuses riches localement en macrorestes végétaux. Ces sédiments reposent sur le socle granitique et sont recouverts par une importante nappe de tufs à ponces rhyolitiques, recoupés par la route D 80.

Enfin, nous avons rattaché à cet ensemble le gisement du Pont de Cladel ⁽²⁾ (H. ELHAI, P. GRANGEON, A. RUDEL, 1963), situé à 900 m en bordure de la route N 89, au point d'intersection avec la vallée du ruisseau de la Plane. Les caractéristiques polliniques sont cependant, on le verra, un peu différentes de celles des autres niveaux.

II - ETUDE SPORO-POLLINIQUE.

1) Caractéristiques sporo-polliniques (diagrammes XI, XII, XIII)

- Les types tertiaires sont présents mais ne dépassent pas 3 %. Le genre *Sciadopitys* est le plus fréquemment représenté. Il

=====

(1) Sur la feuille de Clermont-Ferrand, 3ème éd. : p^o et 4ème éd. : pa.

(2) ou Pont Clidel.

atteint 2,3 %, accompagné accessoirement et en pourcentages toujours inférieurs à 0,9, de *Liquidambar*, *Nyssa* et de *Sequoia* et *Taxodium*.

- Les types de transition ⁽¹⁾ sont en général bien représentés et atteignent localement les fréquences les plus fortes qui aient été enregistrées dans les dépôts plio-villafranchiens du Mont-Dore. Ils dépassent 20 % à la Gratade, au Pont de Chocor et atteignent 38,7 % à Varennes. Dans ce cas, les Feuillus prédominent légèrement sur les Conifères. Inversement, l'abaissement du pourcentage du groupe II entraîne une diminution du pourcentage de Feuillus et corrélativement un accroissement du taux de Conifères.

Le groupe II est très nettement dominé par le genre *Carya* (qui dépasse 20 % dans certains niveaux) et *Pinus* t. *haploxyton*. *Tsuga* est également bien représenté, mais en pourcentage plus faible. Enfin, *Pterocarya* est présent dans tous les niveaux, dépassant rarement 1 %, tandis que *Juglans* est sporadique.

- Les différentes essences de Feuillus ont une représentation tout à fait variable selon les gisements.

- Enfin, les Conifères sont en général dominés par *Pinus* t. *silvestris*, qui régresse localement devant des poussées d'*Epicea*.

2) Analyse de la morphologie pollinique de quelques genres.

Carya

Les grandes formes au-dessus de 45 μ sont abondantes et atteignent 57 μ , avec 3 ou 4 pores dont 1^{er} éloignement du bord

=====

(1) Nous avons éliminé les Cupressacées.

équatorial est tout à fait variable (inférieur, égal ou supérieur à leur diamètre).

Les formes dépassant 50 μ (*Chambon 1*) semblent spécifiques de cette série : elles n'ont été rencontrées dans aucun autre niveau plio-villafranchien du Mont-Dore.

Les dimensions de 45 à 55 μ sont les plus fréquemment représentées. Les formes moyennes de 35 μ sont présentes ainsi que quelques rares pollens de petite dimension : 28-30 μ (avec 3 pores quasi-équatoriaux).

Dans le gisement de Chocot, les Auteurs distinguent dans ce genre des grains de petite taille (en pourcentage très faible). Mais malheureusement, ils ne précisent pas les dimensions de ces formes ni celles des formes courantes.

cf. Fagus

Un doute subsiste sur la détermination de certains grains usés, parfois plissés, ronds ou oblongs, tricolporoïdés, souvent déchirés au niveau des sillons, irrégulièrement "scabre", sans tectum visible à cause de l'usure des grains, de 37 à 40 μ . Sur certains pollens, la trace d'un pore subsiste. Pour cette raison, nous les avons rapportés au genre *Fagus*. Toutefois, sur quelques uns de ces grains, les columelles sont plus ou moins coalescentes et donnent l'apparence d'un réticule irrégulier et tenu, par ailleurs difficilement observable. Dans ce cas particulier, il est malaisé de dire si ces formes peuvent encore se rapporter à *Fagus*.

Quercus ilex

Cette espèce a été trouvée dans deux niveaux du gisement de Chocôl (*Chocôl 1* et *2*).

Pinus t. silvestris

Dans ce type de Pin, 3 formes ont été reconnues :

- *Pinus silvestris*
- *Pinus canariensis*
- *Pinus sp.*

Cette troisième forme de Pin est beaucoup plus grande que l'espèce *P. silvestris*. Sa diagnose est la suivante ⁽¹⁾ :

corps	-	T = 80-87 μ
		subsphérique
		calotte de type 2, de 1,5 μ d'épaisseur, avec crêtes marginales peu prononcées et sans rebord
ballonnets	-	
		D = 65-70 μ
		P = 40 μ
		type 1 ou 2 (difficilement observable car grains usés)

Aucun Pin actuel ne possède une diagnose ayant l'ensemble de ces caractères.

=====

(1) Pour les abréviations, voir p. 62.

III - MACROFLORE DES CINERITES DE LA SERIE DE CHAMBON.

1) Flore des environs de Varennes.

Voici la liste des genres et espèces après examen critique, qui ont été décrites par l'Abbé BOULAY (ravin de Varennes, Dent du Marais, bords du lac Chambon) et des espèces mises à jour ultérieurement par R. de LA VAULX et P. MARTY (1920) (gisement du ravin de Varennes).

<i>Polypodium vulgare</i> L.	<i>Celtis japeti</i> Ung.
<i>Torreya nucifera</i> Sieb. et Zucc.	<i>Laurus nobilis</i> L.
<i>Ginkgo biloba</i> Kaempfer.	<i>Sassafras ferrettianum</i> Massal
<i>Juniperus</i> sp.	<i>Paeonia moutan</i> Sims.
<i>Picea</i> sp.	<i>Juglans acuminata</i> A. Br.
<i>Abies</i> sp.	<i>J. sieboldiana</i> Maxim.
<i>Pinus</i> sp.	<i>Carya minor</i> Sap. et Mar.
<i>Cedrus</i> sp.	<i>Ilex decidua</i> Walt.
<i>Sparganium</i> sp.	<i>I. balearica</i> Desf.
<i>Bambusa cambonensis</i> N. Boul.	<i>Cornus sanguinea</i> L.
<i>Potamogeton quinquenervis</i> N. Boul.	<i>Myriophyllites</i> sp.
<i>Populus tremula</i> L.	<i>Cassia phaseolites</i> Ung.
<i>Alnus insignis</i> N. Boul.	<i>Cercis siliquastrum</i> L.
<i>Betula alba</i> L.	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.
<i>Carpinus betulus</i> L.	<i>A. laetum</i> C. A. Mey.
<i>C. orientalis</i> Lam.	<i>A. decipiens</i> A. Br.
<i>Fagus silvatica</i> L.	<i>A. campestre</i> L.
<i>Quercus hispanica</i> Rér.	<i>Rosa glangeaudi</i> Marty
<i>Platanus aceroides</i> Goepp.	<i>Raphiolepis indica</i> Lindl.
<i>Ulmus braunii</i> Heer	<i>Bumelia rieufti</i> Marty
<i>U. acuminata</i> N. Boul.	<i>Fraxinus oregona</i> Nutt.
<i>Zelkova crenata</i> Spach.	<i>Paulownia europaea</i> Laur.
<i>Planera ungeri</i> Ett.	Muscinées (<i>Mnium</i> ? <i>Hypnum</i> ?)

A cette liste, il convient d'ajouter, depuis les découvertes de P. GRANGEON et A. RUDEL (1959) *Alnus glutinosa* Gaertn., *Fagus pliocenica* Sap., *Ulmus effusa* Willd., *Acer pseudocampestre* Ung. et *A. nicolai* N. Boul.

D'après ces Auteurs, le grand nombre d'empreintes de *Fagus* laisse supposer de larges hêtraies. La présence de cette essence est également assez marquée du point de vue pollinique (16 %).

2) Macroflore de la Gratade - Chocol.

De ces deux gisements, c'est celui de la Gratade qui a fourni le plus grand nombre d'empreintes foliaires. La liste des genres ou espèces observés est la suivante (P. GRANGEON et A. RUDEL, 1962) :

	<i>Torreya nucifera</i> Sieb. et Zucc.	<i>Fagus pliocenica</i> Sap.
	<i>Potamogeton quinquenervis</i> N. Boul.	x <i>Castanea vesca</i> Gaertn.
(1)	x <i>Salix</i> sp.	<i>Quercus hispanica</i> Rér.
	<i>Populus tremula</i> L.	x <i>Quercus</i> sp. (groupe du
	x <i>Populus alba</i> L.	<i>Q. drymeja</i> Ung.)
	x <i>Betula macrophylla</i> Heer	x <i>Zelkova ungeri</i> Kovats.
	<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	<i>Ulmus</i> sp.
	<i>Alnus insignis</i> N. Boul.	x <i>Juglans regia</i> L.
	<i>Carpinus orientalis</i> Miller.	<i>Carya</i> sp. ?
	x <i>Carpinus paucinerva</i> Andreanszky	<i>Acer laetum</i> C.A. Mey.
	x <i>Corylus avellana</i> L.	<i>Acer</i> sp.
	<i>Fagus silvatica</i> L.	x <i>Tilia</i> sp.

(1) Les genres ou espèces marqués d'un x n'ont pas été trouvés dans la macroflore de Varennes-Chambon.

3) Macroflore du Pont de Cladel (H. ELHAI, P. GRANGEON et A. RUDEL, 1963).

Sept espèces seulement ont été inventoriées :

- | | |
|--------------------------------------|---|
| (1) <i>Carya minor</i> Sap. et Mar. | <i>Fagus silvatica</i> L. |
| x <i>Pterocarya</i> sp. | x <i>Quercus rubroïdes</i> Ber. |
| x <i>Carpinus suborientalis</i> Sap. | x <i>Buxus</i> cf. <i>sempervirens</i> L. |
| <i>Zelkova ungeri</i> Kov. | |

Du point de vue pollinique, ce gisement diffère des précédents par une réduction du groupe II et un très fort accroissement des Conifères au détriment des Feuillus, surtout dans les deux niveaux supérieurs. Mais, précisent les Auteurs, il n'est pas possible de dire s'il s'agit d'une dégradation climatique ou d'une destruction différentielle du matériel.

4) Comparaison des listes de macrofossiles végétaux et de pollens.

Une comparaison entre la liste globale des végétaux reconnus sur empreintes foliaires et la liste pollinique, nous amène à faire quelques remarques.

Dans la série de Chambon :

- La disproportion entre les deux listes est moins grande que dans la série de la Bourboule. Le nombre de représentants (familles, genres ou espèces) dans la microflore (62) est sensiblement égal à celui de la macroflore / (64) Muscinées exclues/.

(1) Les genres marqués d'un x n'ont pas été trouvés dans les flores précédemment décrites.

- Le nombre de végétaux (genres ⁽¹⁾ ou familles) observés dans la macroflore mais non identifiés dans le matériel pollinique, est de 12. Il s'agit de :

<i>Ginkgo</i>	Renonculacées
<i>Cedrus</i>	Myriophyllées
<i>Populus</i>	Légumineuses
<i>Platanus</i>	<i>Bumelia</i>
<i>Celtis</i> ⁽²⁾	Scrofularinées
Laurinées	<i>Salix</i>

Par contre le nombre de végétaux reconnus dans la microflore et n'ayant pas livré de macrorestes est de 27 c'est-à-dire *moins élevé* que dans la série de la Bourboule.

- Le pourcentage de représentants d'herbacées par rapport au total des arbres est nettement plus élevé dans la microflore (78,8 %) que dans la macroflore (23 %). Mais dans les deux cas, ces pourcentages restent *supérieurs* à ceux de la série de la Bourboule.

En conclusion à cette étude comparative, *les deux listes de macrorestes et microrestes végétaux sont plus proches dans la série de Chambon que dans celle de la Bourboule.*

(1) Nous excluons les genres dont les familles sont représentées dans le matériel pollinique, mais n'ont pu donner lieu à une détermination générique.

(2) Dans le matériel pollinique, la discrimination n'a pas été faite entre les différents genres d'Ulmacées : Ulmus, Zelkova, Planera .

IV - AGE RELATIF DES DIFFERENTS GISEMENTS.

1) Dans l'échelle chronologique telle que la concevaient les anciens Auteurs à partir des données de la paléobotanique, le gisement de Chambon-Varennnes se situe dans la période de transition du *Mio-Pliocène*. Les Auteurs (R. de LA VAULX et P. MARTY, 1920, p. 362-364) définissent la flore ainsi : "continentale, montagnarde, tempérée, possédant moins de 1/10 d'espèces subtropicales. Cette flore est à affinités froides, la moins thermophile des flores du Massif Central. Elle date du Mio-Pliocène mais est chronologiquement plus près du Pontien que du Plaisancien"⁽¹⁾.

Cependant, dans l'optique d'une stratigraphie plus détaillée, nous pensons, en accord avec P. GRANGEON, A. RUDEL (1959) et H. ELHAI, A. RUDEL (1965), que la flore de Chambon proprement dite étudiée par P. GRANGEON et A. RUDEL (ibid.) et par nous-même est à placer, comme celles des autres gisements de Chocot et de Cladel (avec une restriction pour ce dernier), dans un épisode *relativement tempéré du Villafranchien*.

Nous pensons également que le gisement de Varennnes, par ses caractéristiques polliniques, se place dans cette période.

En ce qui concerne la flore de la Gratade, P. GRANGEON et A. RUDEL (1962) pensent que le pourcentage de plantes ne vivant plus actuellement dans la région étant légèrement supérieur à celui des flores villafranchiennes typiques, la flore est légèrement plus ancienne que ces dernières et se situe probablement fin du Pliocène-début Villafranchien. Cependant, du point de vue de sa composition

(1) La flore de Chambon-Varennnes ne contient pas *Cinnamomum spectabile* (espèce nettement miocène) et par conséquent est plus récente que celle de la Bourboule.

pollinique, le gisement de la Gratade est voisin des autres gisements que nous venons de décrire.

En conclusion et pour des raisons de convergences polliniques, nous pensons devoir rattacher l'ensemble de ces gisements à la même série villafranchienne ⁽¹⁾.

2) Aucune relation stratigraphique n'a pu être mise en évidence entre la série de Chambon et les formations d'âge connu qui comblent la fosse d'effondrement. Ne possédant par conséquent que des critères palynologiques, deux hypothèses s'affrontent pour définir l'âge exact de ces dépôts :

- Leur appartenance à la partie tout à fait inférieure du Prétiglien (Prétiglien de "transition") ou à un Pliocène tout à fait terminal (plus récent que le Pliocène B de la Bourboule ?).
- Leur appartenance au Tiglien, le seul interglaciaire villafranchien qui présente de telles fréquences du groupe II accompagné de quelques représentants tertiaires.

=====

(1) Notons à ce propos, que nous nous basons sur des caractéristiques très générales de la flore et que nous jugeons dangereux de faire, sur des prélèvements dispersés géographiquement, des distinctions chronologiques (P. BROUSSE, 1965), à savoir :

Pont de Clidel-Pont de Chocor	= Reuvérien froid
Gratade	= Reuvérien tempéré
Chambon	= Prétiglien froid

a) Rapporter cette série à un épisode situé à la limite Pliocène-Prétiglien, serait conclure dans l'état actuel de nos connaissances sur le massif du Mont-Dore, à une *lacune du Tiglien* entre les séries plus anciennes plio-prétigliennes et celles plus récentes du Villafranchien supérieur (reconnues à l'E de la fosse Rossignolet, Queureuilh, la Tache). C'est possible. Cependant, nous verrons que la partie tout à fait inférieure de la série du Rossignolet (dans la basse vallée du ruisseau de Guéry) a une représentation du groupe II assez voisine de celle de la série de Chambon. Elle est en outre recouverte en série continue par des projections qu'il convient de placer pour des raisons à la fois d'ordre palynologique, paléomagnétique et géochronologique, dans le Gunz-I. Il faut admettre par conséquent, que les dépôts de la base de la série du Rossignolet sont d'âge tiglien. *On peut donc penser alors que la série de Chambon est également du même âge.*

Cependant, il faut noter qu'à Varennes, la macroflore contient 8 taxons ⁽¹⁾ *jamais signalés au Quaternaire* (A PONS, 1969) et qu'elle est par conséquent plus ancienne que la microflore.

Pour expliquer cette contradiction, trois raisons peuvent être invoquées :

- absence de macroflore d'âge villafranchien caractérisé, donc aucun repère possible,
- niveaux qui ont fourni la macroflore, différents de ceux qui ont livré la microflore,
- récurrences quasi-ponctuelles de végétation pliocène dans le Tiglien.

(1) Il s'agit de : *Torreya nucifera* Sieb. et Zucc., *Ginkgo biloba* Kaempf., *Bambusa cambonensis* N. Boul., *Sassafras ferretianum* Mazon, *Cassia phaseolites* Ung., *Raphiolepis indica* Lindl., *Bumelia rieuji* Marty, *Paulownia europaea* Laur.

b) La composition pollinique de la série de Chambon (diagrammes XI, XII) s'accorde tout à fait avec celle des dépôts tigliens reconnus aux Pays-Bas et en Italie. A l'appauvrissement de la végétation prétiglientine succède, au Tiglien, une recrudescence des Juglandacées, de *Tsuga*, du Pin t. *haploxylon* et des Feuillus, ainsi qu'une récurrence de reliques tertiaires, effacées lors de la première glaciation du Donau.

c) Certes, certains niveaux (*Chambon 3 à 104, Varennes 3*) pourraient par leur physionomie floristique, se rattacher au Prétiglien de "transition" (par comparaison avec les quelques niveaux inférieurs connus de la série de Vendeix). Mais les niveaux que nous pensons être les plus caractéristiques de cette série (*Chambon 1, Varennes 2, la Gratade, Pont de Chocôl 1 à 4*) montrent un déséquilibre net du rapport groupe I / groupe II et un développement des formes de transition tel, qu'il ne semble pas compatible avec une réduction *progressive à la fois* des types tertiaires et de transition, provoquée naturellement par la dégradation climatique amorcée au Pliocène.

En conclusion et pour ces trois raisons, nous considérons pour le moment la série de Chambon comme tiglienne. Toutefois, l'étude palynologique et stratigraphique de cette série, ainsi que ses relations avec les autres formations volcaniques du massif du Mont-Dore, devront être approfondies pour confirmer une telle attribution.

V - COMPARAISON DE LA FLORE DU TIGLIEN DU MONT-DORE AVEC CELLE D'AUTRES REGIONS DE FRANCE ET D'EUROPE.

1) Pays-Bas.

La formation de *Tegelen* est représentée, à sa base, par les graviers et argiles de Belfeld (Early Tiglian) et au sommet par les graviers et la partie inférieure des argiles de Tegelen (Late Tiglian) (I.M. VAN DER VLERK et F. FLORSCHUTZ, 1953, W.H. ZAGWIJN, 1960, 1963a).

W.H. ZAGWIJN (1960, p. 54) souligne les particularités floristiques suivantes : en ce qui concerne la partie inférieure *"Besides trees characteristic of interglacials of younger Pleistocene age, the Tertiary relics Carya, Pterocarya, Eucommia and Tsuga were found, but also, and this should be stressed, some elements which have hitherto been regarded as extinct at the end of Pliocene times in our regions, e.g. Sequoia-type, Taxodium-type, Sciadopitys and some others. Also Fagus, which does not occur in any younger Pleistocene interglacial deposit, occurs quite regularly..."*.

Quant à la partie supérieure, la flore contient surtout du Pin et du Sapin, *"intermingled with many thermophilous species, among which especially the Tertiary relics Carya, Pterocarya, Eucommia and Tsuga are noteworthy. All other Tertiary types and also Fagus have disappeared by now"*. Nous voyons que le Hêtre donne à la flore un caractère d'ancienneté puisque dès le Tiglien supérieur, il devient extrêmement rare. On verra par contre qu'au Mont-Dore, cette essence est présente dans presque tous les niveaux villafranchiens et n'a par conséquent aucune signification stratigraphique.

Après avoir souligné les caractéristiques principales de la flore des dépôts tigliens néerlandais, l'Auteur conclut (p. 53) : *"So in their qualitative composition these spectra show some resemblance with those of the Pliocene deposits, but quantitatively there are clear differences, as the "Pliocene group" of the Tertiary pollentypes (Sequoia-type, Sciadopitys, Taxodium-type, Nyssa, Liquidambar) occurs in very low values only in all spectra, whereas the "Early Pleistocene" group (Carya, Pterocarya, Tsuga) attains more important values"*.

C'est cette remarque particulièrement intéressante qui nous a fait considérer comme tiglienne la flore de la série de Chambon. Malgré une présence plus marquée de l'*Epicea* (due au contexte régional ?),

cette flore est très voisine de celle de la partie inférieure de l'interglaciaire néerlandais.

Ne pouvant suivre les variations de cette flore, il ne nous est pas possible, comme cela a été tenté aux Pays-Bas, de définir exactement les conditions climatiques qui régnaient au moment de son développement. Les arbres ou arbustes dits "thermophiles" (warmth-loving) sont en général dominants et parmi eux aussi bien des formes de sol sec que de sol humide. La présence de *Quercus ilex*, *Castanea (sativa)*, *Vitis*, *Hedera*, *Eucommia* n'est pas aussi marquée que dans les dépôts néerlandais et il n'est pas possible de conclure, comme a pu le faire W.H. ZAGWIJN aux Pays-Bas, à l'existence d'hivers doux dans notre région, à l'époque tiglienne.

2) Italie.

L'interglaciaire du Donau-Gunz, assimilé au Tiglien, est représenté par des dépôts marneux d'une dizaine de mètres d'épaisseur environ. La nette prédominance du Carietum (*Carya-Pterocarya-Juglans*) constitue la caractéristique majeure de la flore de cet épisode. Cette association varie entre 16 et 50 %. Elle est dominée par le genre *Carya* qui atteint 33 % (voir tableau in. F. LONA, 1950).

Il est regrettable que certains types tertiaires tels que : *Sciadopitys* et *Engelhardtia*, n'aient pas été reconnus avec certitude. Mais il est à noter cependant que malgré des incertitudes de détermination, ces formes ne semblent exister que dans cet interglaciaire.

Les Conifères sont dominés par *Pinus t. silvestris* ; *Tsuga* et *Pinus t. haploxylon* sont toujours représentés mais avec des pourcentages plus faibles. La représentation des Feuillus est modeste et reste inférieure à 23 %.

Selon S. VENZO (1953), une telle végétation correspond à un climat tempéré et relativement chaud dans la partie médiane de l'interglaciaire.

Dans son ensemble, cette flore est assez voisine de celle du Mont-Dore. Quatre différences essentielles cependant sont à noter. En effet, en Italie :

- le Carietum est nettement plus développé,
- *Pterocarya* est plus abondant (9 % en moyenne, 20 % maximum),
- le Cèdre est présent dans tous les niveaux et localement en fort pourcentage (26 %),
- le Hêtre très *sporadique* et souvent en grains isolés.

3) France.

a - Velay.

Dans le Velay, le Tiglien est représenté par l'épisode chaud du deuxième remblaiement lacustre. L'étude pollinique des argiles du gisement de Saint-Vidal [niveaux I, IV, D, C (1-5)] traduit la composition végétale de cet interglaciaire (voir diagramme de Saint-Vidal in P. BOUT, 1960).

- Dans tous les horizons, la sylve est largement prépondérante sur la végétation herbacée.
- La flore est dominée alternativement par le Pin ou l'Épicéa.
- Les types tertiaires dits "reuvétiens", représentés par *Sciadopitys* et cf. *Taxodium*, apparaissent irrégulièrement. Leur pourcentage global ne dépasse pas 3-4 % ⁽¹⁾. Le Hêtre

(1) Les valeurs sont approximatives.

apparaît localement avec des pourcentages voisins.

- Parmi les types de transition, dont les fréquences varient entre 10 et 25-28 %, on rencontre *Pinus t. haploxylon*, *Tsuga*, *Carya*, *Pterocarya*.
- Enfin, *Ulmus* ou *Zelkova* prédomine nettement sur *Quercus*, *Tilia* et *Salix*.

En conclusion, la flore de Saint-Vidal est très proche de celle du Mont-Dore. La seule différence majeure que nous puissions enregistrer réside dans le fait qu'au Mont-Dore, *Fagus* a une plus forte représentation dans les dépôts tigliens.

La flore de Roche-Lambert se situe à la base du deuxième remblaiement. Elle est plus ancienne que celle de Saint-Vidal. Elle ne contient pas de types tertiaires. Les types de transition sont moins abondants. La flore "est moins prospère que celle de Saint-Vidal, mais néanmoins plus variée que celle du premier remblaiement villafranchien de Ceyssac". Malgré deux phases d'appauvrissement de la forêt, nous placerons, à titre d'hypothèse, cet épisode de la Roche-Lambert à la base du Tiglien.

b - Senèze (bassin de l'Allier).

L'étude sporo-pollinique de ce gisement a été commencée en 1963 (H. ELHAI, P. GRANGEON), puis poursuivie et achevée en 1969 (H. ELHAI, avec la collaboration de Mme DENEFFLE-LABIOLE). Ce travail a pu être réalisé grâce à un sondage de 175 m de profondeur, situé à 590 m d'altitude. Les sables et argiles lacustres qu'il traverse sont antérieurs au gisement fossile de Senèze à *Rhinoceros etruscus* et *Elephas* sans *Mastodon*, daté d'un épisode terminal du Villafranchien (ou Gunz).

H. ELHAI distingue cinq phases successives I, II, III, IV, V, du nom de *Senézien*. A titre d'hypothèse, cet Auteur met en parallèle

ces différentes phases avec les étages néerlandais :

S I	= Waalien
S II	= Eburonien
S III - IV - V	= Tiglien

Nous sommes tout à fait d'accord sur les équivalences stratigraphiques proposées par l'Auteur. En ce qui concerne plus précisément le Tiglien, nous avons signalé les similitudes de spectres entre certains niveaux de Senèze, l'épisode chaud du deuxième remblaiement reconnu à Saint-Vidal et la série de Chambon (A. BRUN, 1969). Nous avons conclu que ces gisements pouvaient être contemporains. Ceci a été confirmé par P. BOUT (1970) qui écrit que "le flore pollinique de Senèze entre 75 et 0 m semble contemporaine de celle de Saint-Vidal".

- *Sciadopitys*, *Taxodium* ou (et) *Sequoia* sont présents, mais irrégulièrement.
- Parmi les types de transition, *Carya* prédomine sur *Pterocarya* et *Juglans* et a également une présence plus constante que *Pinus t. haploxylon*.
- Les Feuillus (*Quercus* - *Ulmus* - *Carpinus*) sont très développés sur une quinzaine de mètres d'épaisseur.
- Les fréquences de *Pinus t. silvestris* peuvent descendre au-dessous de 10 %, ce qui laisse supposer la disparition de cette essence à cette époque dans la région (H. ELHAI).

Par rapport à la série tiglienne du Mont-Dore, les différences essentielles à Senèze reposent sur :

- La présence réduite du Hêtre (quoique plus abondant que dans les autres niveaux senèziens).

- L'existence beaucoup plus affirmée d'*Eucommia*.
- La présence du Cèdre, mais discrète.

Le Senézien S V, bien que séparé de la phase S III par un épisode à végétation herbacée et à forêts mixtes de Feuillus et Conifères (S IV), n'est pas foncièrement différent de celle-ci (les groupes I et II sont représentés). Rien ne s'oppose donc à placer ces niveaux S IV-V dans le Tiglien, à titre d'hypothèse.

c - Cantal.

Dans le Cantal, les gisements qui ont fait l'objet d'analyses polliniques et qui ont été rapportés au Villafranchien sont dispersés.

÷ Joursac.

Les dépôts cinéritiques et diatomites à débris végétaux reposent directement sur le granite vers 780 m d'altitude, à l'E du village de Joursac.

Trois arguments principaux conduisent les Auteurs à considérer ce gisement comme tiglien (S. DURAND, R. REY, 1963). Ce sont :

- La présence, mais en pourcentage inférieur à 0,5 % et dans les niveaux inférieurs seulement, de *Sciadopitys*, *Nyssa*, *Inaperturopollenites hiatus* (R. Pot) Th. et Pf. (= *Taxodium typus*), *Tricolpopollenites liblarensis* s. sp. *fallax*, *Tricolporopollenites edmundi* (R. Pot.) Th. et Pf.
- L'abondance relative du groupement *Carya* - *Pterocarya* - *Tsuga* associé aux Feuillus européens, parmi lesquels *Fagus*, beaucoup plus fréquent dans les niveaux supérieurs.
- La rareté des pollens d'herbacées.

D'après les caractéristiques du Tiglien telles que nous les avons définies, aucun argument ne s'oppose à cette attribution. Toutefois, comme nous l'avons déjà souligné à propos des dépôts pré-tigliens de Sainte-Reine, une étude analytique plus poussée est nécessaire pour confirmer cette hypothèse. Dans ce cas, il serait intéressant de noter que la présence même exceptionnelle de certaines formes telles que *T. liblarensis* s. sp. *fallax*, *T. edmundi*, spécifiquement miocènes dans les dépôts rhénans, auraient ici une prolongation assez tardive dans des dépôts relativement récents (à moins qu'elles ne soient remaniées).

÷ Chadefaux.

Les espèces observées sur empreintes foliaires ⁽¹⁾ et l'analyse pollinique ⁽²⁾ dans des diatomites ont amené P. GRANGEON (1965) à penser qu'il s'agirait là d'une formation villafranchienne déposée sous des conditions climatiques qui "bien que tempérées étaient plus chaudes que les conditions climatiques actuelles de cette contrée". La représentation floristique du point de vue qualitatif étant voisine de celle des gisements que nous venons d'énumérer, il n'est pas impossible que ces dépôts puissent appartenir également à la période tiglienne.

=====

(1) *Espèces observées* : Abies sp., Betula subpubescens Goep., Betula macrophylla Heer, Alnus glutinosa Gaertn., Carpinus betulus L., Corylus avellana L., Juglans regia L., Quercus ruboroides Berenger, Castanea sativa Miller., Populus alba L., P.tremula L., Acer pseudoplatanus L., Ulmus braunii Heer.

(2) *Analyse pollinique* (F. FLORSCHUTZ) : Abies, Pinus silvestris, Pinus haploxylon, Picea, Sciadopitys, Taxodium, Tsuga cf. canadensis, Alnus, Betula, Carpinus, Corylus, Fagus, Quercus, Tilia, Ulmus, Carya, Pterocarya, Artemisia, Caryophyllacées, Chenopodiacees, Cyperacées, Ericales, Graminées, Myriophyllum, Nymphaea, Sparganium, Typha latifolia, Oleacées, Plantago, Athyrium, Dryopteris, Polypodium, Lycopodium.

÷ Vallée de la Véronne (Riom ès Montagne).

Une étude plus complète que les précédentes a été réalisée dans un banc ligniteux inclus dans le complexe *volcano-sédimentaire* qui affleure dans un ruisseau du versant gauche de la Véronne (M. HORGUES, H. ELHAI, R. BROUSSE, 1966).

Deux arguments incitent les Auteurs à considérer ce gisement villafranchien :

- Les basses fréquences des types tertiaires (*Sequoia*, *Sciadopitys*, *Nyssa*, *Symplocos*) dépassant rarement 2 % ⁽¹⁾ et qui excluent la possibilité d'un âge pliocène,
- Le maintien des éléments aujourd'hui exotique (*Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Castanea*, *Liquidambar*, *Pinus t. haploxyton* et *Tsuga*) "dont la disparition s'effectue dès le Pléistocène moyen dans cette région".

Plus récemment, H. ELHAI (1969) écrivit que ce gisement "peut être synchronisé avec les gisements de Sainte-Reine et de Joursac et, pour ce qui concerne Senèze, on peut hésiter entre S III et S V". En tout cas, de telles caractéristiques sont celles qui nous ont permis de définir l'âge tiglien d'autres dépôts.

=====

(1) Le Coudrier très important a été exclu de la somme des arbres pour le calcul des pourcentages.

TABLEAU SYNOPTIQUE DES DIFFERENTS GISEMENTS ANALYSES

	LE MONT-DORE	VELAY-CANTAL
	-----	-----
	-	-
	Pont de Cladel	La Véronne
	Pont de Chocot	Chadefaux (?)
	La Gratade	Jobsac (?)
TIGLIEN	Chambon-Varennas	Senèze (S III-IV-V)
	-	Saint-Vidal
		Roche-Lambert (?)
	-	-
	Série de Vendèix	Sainte-Reine
PRETIGLIEN		Ceyssac-Riou

VI - AGE ABSOLU DE LA SERIE DE CHAMBON.

Dans cette série du Mont-Dore nous ne possédons pour le moment aucune donnée d'âge absolu ni de paléomagnétisme.

L'âge et l'aimantation de coulées qui sont en rapport avec la mise en place et le remplissage du maar de Senèze, ont permis à P. BOUT (1970) de placer l'épisode lacustre villafranchien de Senèze entre 1, 6 et 1, 9 MA.

Si nous établissons un parallélisme, sur des bases palynologiques, entre ces dépôts et ceux de la série montdorienne et tenons compte des renseignements fournis par les séries plus récentes à l'E de la fosse de la Bourboule-le Mont-Dore, un âge compris entre 1, 7 et 1, 9 MA pourrait convenir pour la mise en place des dépôts tigliens (voir quatrième partie, chapitre VI).

Q U A T R I E M E P A R T I E

Z O N E O R I E N T A L E E T M E R I D I O N A L E
D E L A F O S S E
D E L A B O U R B O U L E - L E M O N T - D O R E

Le secteur, qui est compris entre la ville du Mont-Dore, le lac de Guéry et le Massif adventif ⁽¹⁾, est d'une grande complexité géologique. Il se situe dans une zone instable, intéressée par les failles de la bordure orientale de la fosse d'effondrement. Son étude est capitale pour l'histoire géologique du massif volcanique du Mont-Dore et c'est grâce à l'application et la confrontation de méthodes d'étude variées, *stratigraphie, géomorphologie - pétrographie et minéralogie - paléomagnétisme - géochronologie - palynologie*, qu'il sera possible de mettre en évidence les phases successives de l'évolution géodynamique du massif.

HISTORIQUE.

Les premières études détaillées de ce secteur, en 1965, ont amené les Auteurs à distinguer dans l'ensemble des dépôts, deux formations distinctes : la *série de Queureuilh* et la *série de Guéry*.

La *série de Queureuilh* a été définie par L. GLANGEAUD, J. SAUVAGE et F. MANHES (1965). Selon ces Auteurs, cette formation affleure sur les deux rives de la Dordogne à l'E et à l'W du Mont-Dore et le long du ruisseau de Guéry (ou de l'Enfer ⁽²⁾). Le ravin allant de la cascade du Saut du Loup au ruisseau de Guéry, a fourni la coupe - type de cette formation.

(1) Le Massif adventif est constitué par les Puys de Mareilh, l'Angle, Barbier, Monne, la Tache.

(2) Les appellations entre parenthèses, sont celles données sur les cartes topographiques IGN au 25 000e et au 50 000e. Dans cet ouvrage, nous utiliserons les anciens noms, qui ont déjà été cités dans les notes précédentes.

Cette série est recouverte par des dépôts affleurant le long de la RN 683, en particulier entre le sentier de la ferme de la Tache et le lac de Guéry. Cette formation plus récente se rattache à la *série de Guéry* (L. GLANGEAUD, P. DUMESNIL et M. VIGNERON, 1965), visible également sur la rive droite de la Dordogne entre Lusclade et le Puy Gros.

L'analyse de nouveaux affleurements le long de la RN 496 apparus à la suite de travaux d'élargissement de la chaussée et des résultats polliniques et géochronologiques plus poussés, ont montré que ces formations de Queureuilh et de Guéry étaient beaucoup plus complexes. Par suite, nous avons été amenée à les subdiviser, à réduire leur extension et à modifier les âges que nous avions proposés lors des premières notes de synthèse (A. BRUN, 1969, L. GLANGEAUD, A. BRUN, C. BOBIER et coll., 1969).

La partie supérieure de la série de Guéry s'individualise en une formation intitulée *série de la Tache* (L. GLANGEAUD, A. BRUN et C. BOBIER, 1969), qui affleure jusqu'au col de la Croix Morand.

La série de Queureuilh, quant à elle, se réduit uniquement à sa partie inférieure : - sa partie moyenne représente la *série du Mont-Dore* (A. BRUN, 1969) qui s'étend également à l'W de cette ville,

- sa partie détritique tout à fait supérieure se rattache à la série de la Tache.

Plus récemment et pour éviter toute confusion de dénomination, nous avons changé le vocable de deux de ces séries *sans modifier aucunement l'ordre stratigraphique*, (A. BRUN, 1970). Les équivalences entre les différentes séries de la bordure orientale de la fosse d'effondrement, définies au cours des études successives, se

résumant ainsi :

1965	Fév. 1969	Nov. 1969	1970
Guéry	Guéry (Cromérien terminal)	{ Tache Guéry	Tache (Gunz II)
Queureuilh (Prétiglien)	Mont-Dore (Cromérien moyen)	Mont-Dore	= Queureuilh (Gunz I - II)
	Queureuilh (Villafran. sup.)	Queureuilh	= Rossignolet (Gunz I)
			Guéry ?

Nous ferons tout d'abord une description lithologique détaillée de chacune de ces séries, ce qui nous amènera à préciser leurs relations stratigraphiques. Ces relations seront définies suivant deux référentiels :

- le horst de la Croix Morand, situé dans l'axe du Massif adventif et limitant à l'E la bordure orientale de la fosse d'effondrement,

- le niveau - repère constitué par la surface supérieure de la Tache et sa couverture morainique.

Ultérieurement, sera faite l'étude palynologique des séries dont les résultats permettront de définir leur âge en fonction également des données nouvelles de la géochronologie et du paléomagnétisme.

P R E M I E R C H A P I T R E
=====

ETUDES LITHOLOGIQUE ET STRATIGRAPHIQUE DES DIFFERENTES SERIES

La route reliant la ville du Mont-Dore au lac de Guéry recoupe, sur 7 km, les trois séries du Rossignolet, de Queureuilh et de la Tache (figure 14).

I - SERIE DU ROSSIGNOLET.

Les tufs ponceux représentent la partie essentielle de la série. Ils constituent le soubassement de cette région, entaillé par les vallées de Guéry et de la Chaneau - Croix Morand et peut-être par les vallées de Glamaire et de Barbier.

A - Lithologie.

1) Vallée de Guéry.

Les tufs à ponces ne présentent pas un faciès homogène : les ponces peuvent être l'élément dominant ou être plus rares et plus petites, mélangées à des débris de roches (basalte demi-deuil, phonolite, andésite, granite). Dans la partie tout à fait aval du ruisseau de Guéry, les tufs sont en général massifs mais peuvent passer exceptionnellement à des cinérites fines et litées. Plus haut et jusqu'au niveau des cascades du Queureuilh et du Rossignolet, ces tufs le plus souvent sont granoclassés et alternent avec des niveaux de cinérites fines. La stratification est de type lacustre et présente une inclinaison faible et régulière vers l'E.

F I G U R E 14

=====

ROUTE DE GUÉRY

A : LITHOLOGIE.

1 - Tufs ponceux. 2 - Cinérites fines. 3 - Brèches. 4 - Tufs scoriacés. 5 - Lahars. 6 - Sables ou tufs cinéritiques. 7 - Tufs volcano-détritiques remaniés. 8 - Volcano-sédimentaire lacustre. 9 - Cailloutis morainiques. 10 - Labradorite [$\bar{\lambda}$, G4 et 35 (carte 3)] $\bar{7}$. La labradorite de Guéry est antérieure à tout le système de projections. 11 - Andésite. 12 - Trachyandésite ($\alpha\tau^2$). 13 - Basalte [$\bar{\beta}$, 37 et 38 (carte 3)] $\bar{7}$. f : faille hydrothermale du Mont-Dore (supposée).

B : STRATIGRAPHIE.

14 - Série du Rossignolet. 15 - Série de Queureuilh. 16 - Complexe volcanique surmontant la série de Queureuilh. 17 - Série de la Tache. Ba et Bb : voir p. 145.

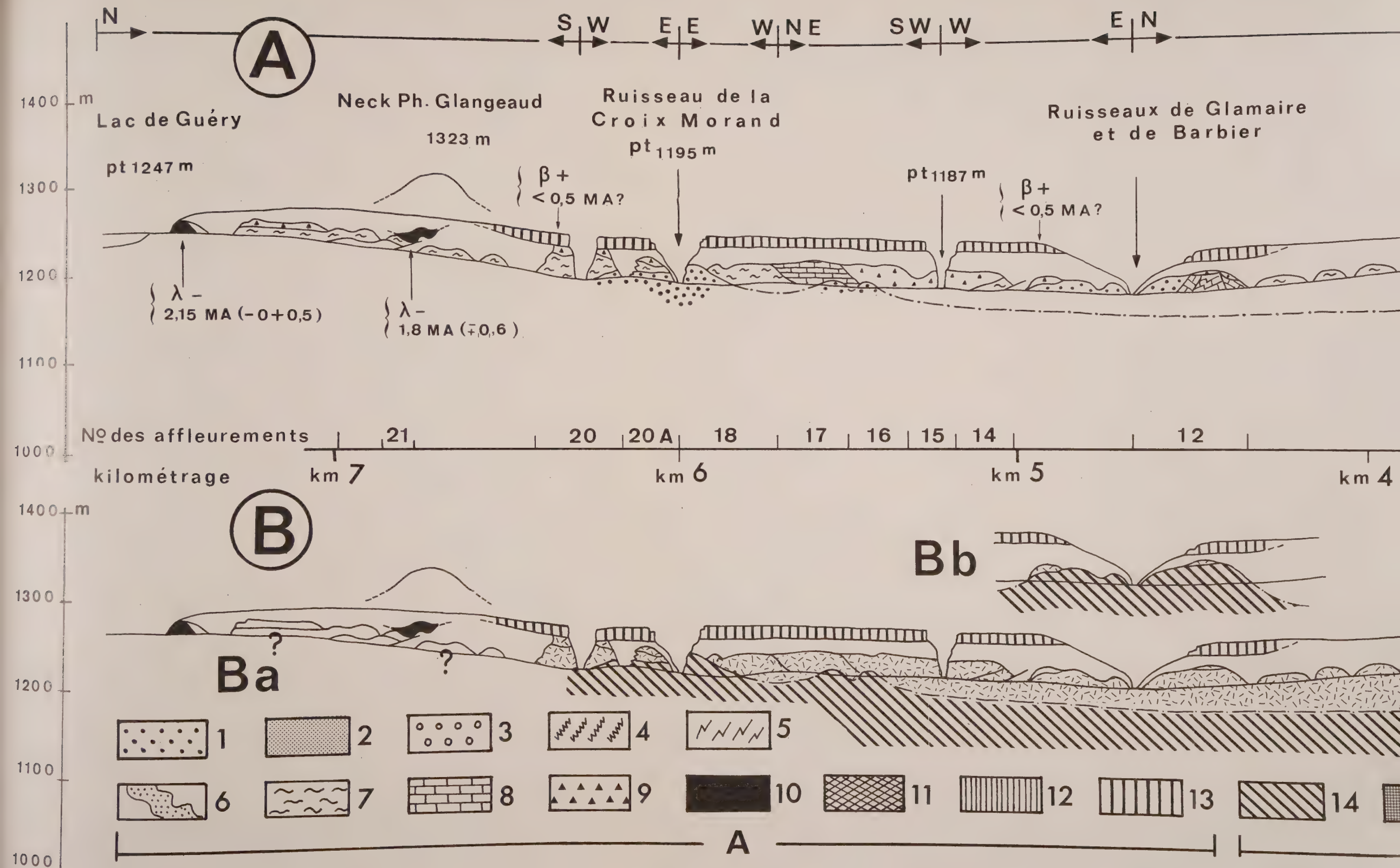
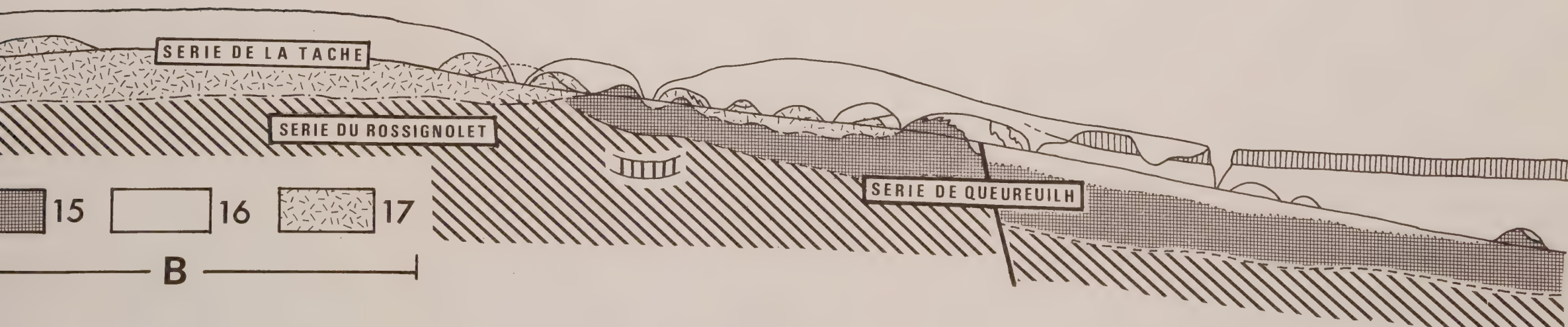
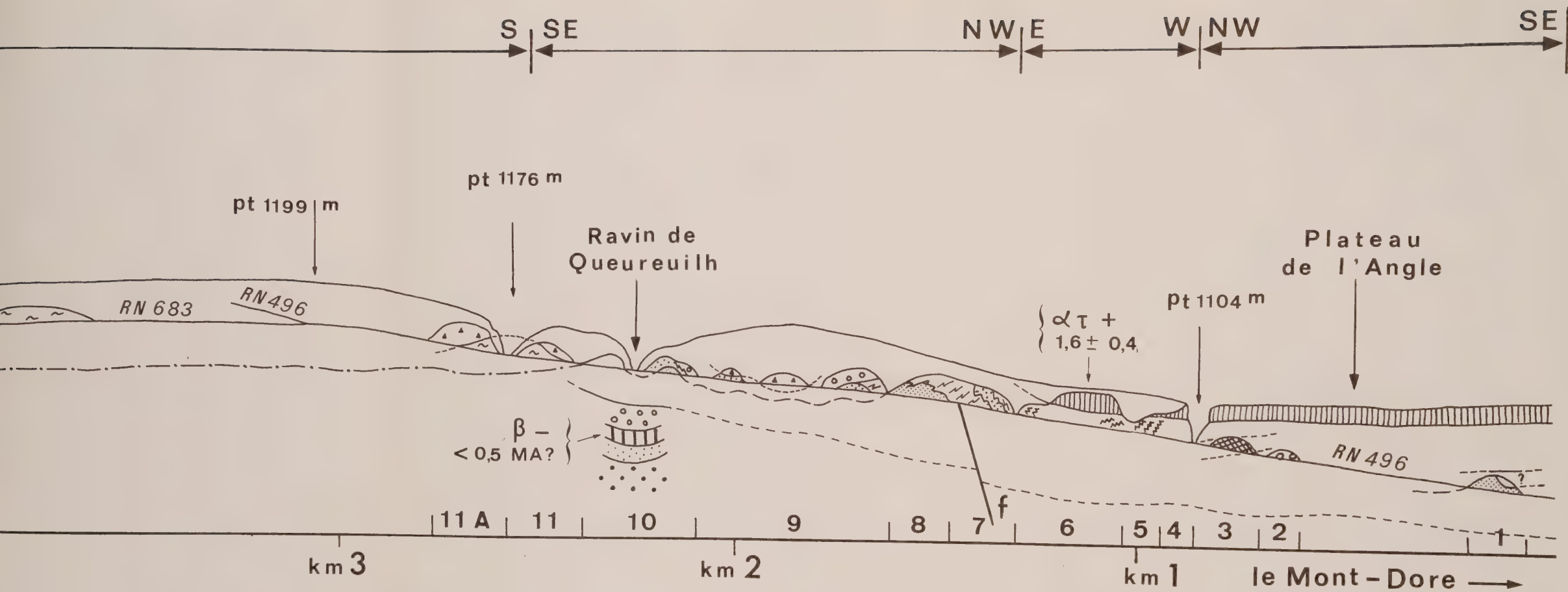


Figure 14 : Route de Guéry



Des ponces prélevées au voisinage de la cascade du Queureuilh ont donné lieu à des analyses chimiques (A. MICHEL LEVY et A. LACROIX, 1911) : elles contiennent 61,50 % de SiO_2 et seraient de type trachytique.

Ces tufs sont ravinés par des brèches passant localement à de la cinérite à blocs avec un ciment plus abondant. A la cascade du Rossignolet et au-dessus du village de Prends-toi-Garde, F. MANHES (1966) a émis l'hypothèse de coulées boueuses.

Ces brèches semblent avoir une assez large extension géographique. Elles affleurent sur les versants du ruisseau de Guéry entre 1 100 m et 1 050 m. On les retrouve également plus à l'W sur les deux rives de la Dordogne : entre 1 020 m (au N de la ville du Mont-Dore) et 950 m d'altitude, à 500 m environ du confluent de la Dordogne avec le ruisseau de Clïergue.

On peut penser qu'il s'agit là du même niveau bréchique qui aurait raviné les tufs sous-jacents selon une direction sensiblement EW et suivant une certaine pente. Il est possible, également, que cette pente générale ainsi que le pendage des tufs sous-jacents aient été provoqués et accentués par l'enfoncement de la fosse d'effondrement, plus fort vers son centre que sur sa bordure orientale.

Des vallées creusées dans les brèches et tufs ont été remblayées par des coulées. C'est le cas de la coulée de basalte de la cascade du Queureuilh, à aimantation inverse. Au-dessus, affleurent des brèches jusqu'à 1 120 m d'altitude environ. Ces brèches constituent ici la limite entre la série du Rossignolet et celle du Mont-Dore qui lui est superposée (voir figure 14).

2) Vallée de la Chaneau-Croix Morand.

Les tufs à ponces ont été reconnus jusqu'à l'altitude de

F I G U R E 15

=====

*DIAGRAMME DE REPARTITION MINERALOGIQUE DES SERIES
DU ROSSIGNOLET ET DE QUEUREUILH*

Pour la localisation des échantillons, voir carte 3.

SERIE DU ROSSIGNOLET.

1 = IXC, 2 = G18B, 3 = G18C, 4 = Barb. 2, 5 = G13A, 6 = G12A3,
7 = G12A, 8 = G12A1, 9 = G12E.

SERIE DE QUEUREUILH.

10 = G10, 11 = LF, 12 = LB, 13 = G1.

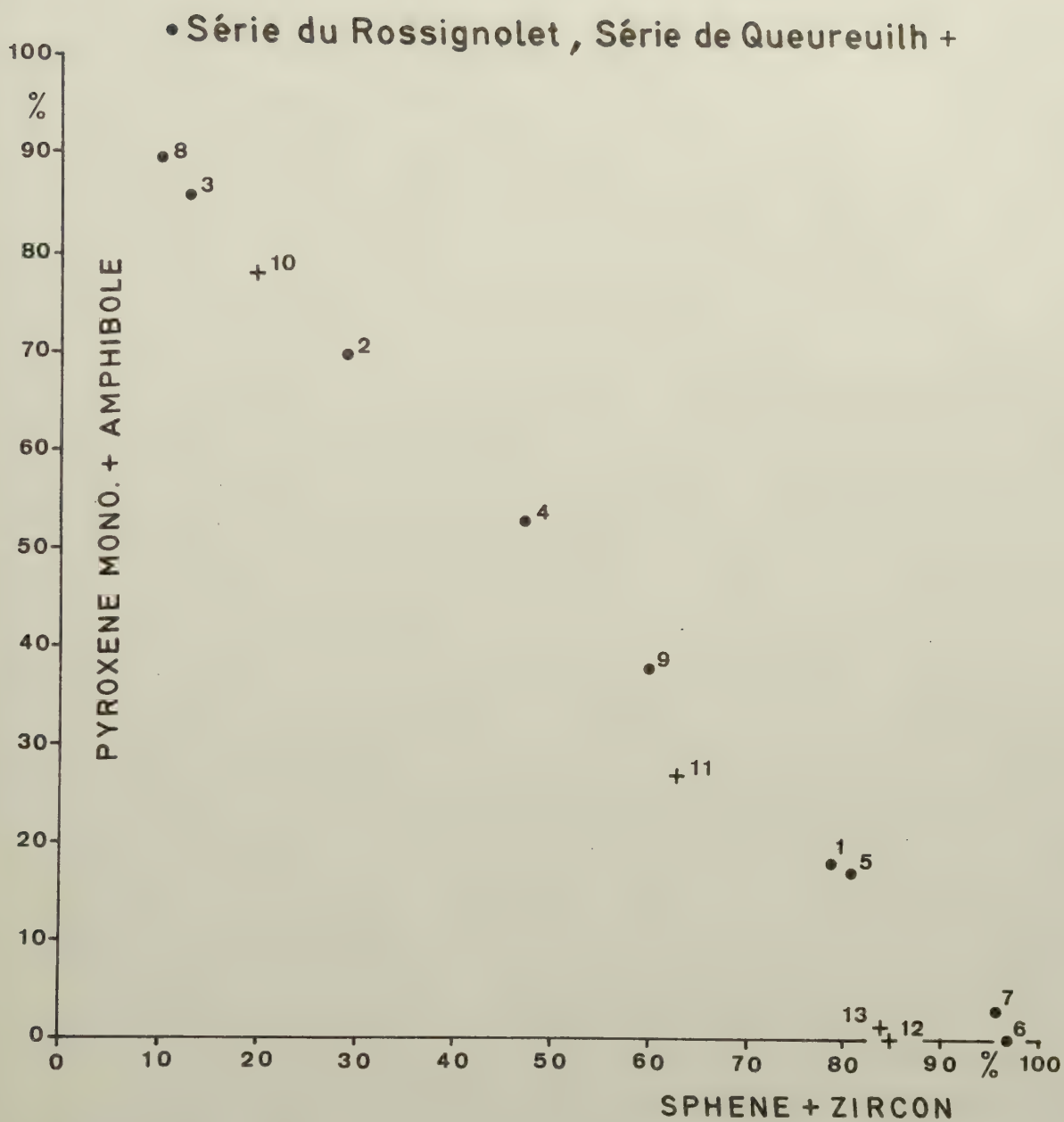


Figure 15 : Diagramme de répartition minéralogique des séries du Rossignolet et de Queureuilh.

1 270 m environ. La route de Guéry les recoupe au point 1 195 (affl. 18 ⁽¹⁾ figure 14). Localement, ces tufs ont basculé par jeu de failles. Ils sont en effet situés à la *limite du horst de la Croix Morand à l'E et de la fosse d'effondrement du Mont-Dore à l'W*. Les analyses effectuées sur des ponces de la route de Guéry (A. MICHEL LEVY et A. LACROIX, 1911) ont décelé une composition chimique identique à celle des ponces de Queureuilh.

3) Vallée de Glamaire et de Barbier.

Les projections qui affleurent dans ces vallées, tufs ponceux - cinériles à blocs à petits éléments - cinériles fines, sont d'un faciès identique à celles de Guéry et de la Chaneau - Croix Morand. Nous les avons rattachées à la série du Rossignolet.

B - Minéraux lourds.

Cette étude a porté sur dix échantillons (carte 3, figure 15). Cette série, à la différence de celles de la Bourboule - Vendeix, est caractérisée par son hétérogénéité. En effet, sa composition minéralogique varie suivant les niveaux et se rapporte aux trois types : *rhyolitique - hybride - mixte*.

II - SERIE DE QUEUREUILH.

Nous avons intitulé : *série de Queureuilh* ⁽²⁾, un ensemble volcanique présentant une homogénéité de faciès et de composition polli-nique. Cette série est emboîtée dans celle du Rossignolet, au niveau de la ville du Mont-Dore. Elle est surmontée par le complexe volcano-sédimentaire et alluvial de la série de la Tache.

=====

(1) Affl. : n° de l'affleurement sur la figure 14.

(2) Anciennement "série du Mont-Dore".

A - Facies.

Cette série est composée, dans sa partie visible (entre 1 060 et 1 160 m), exclusivement de cinérîtes fines, *cendres volcaniques déposées dans un lac*. Ces cinérîtes sont blanches ou bleutées, massives ou litées.

A l'E de la ville du Mont-Dore, les sédiments affleurent en plusieurs points : le long de la route de Guéry (affl. 1, 8, 10, figure 14) et dans le ravin de Queureuilh au-dessus de la cascade. Dans ce ravin et jusqu'à son intersection avec la route de Guéry à 1 150 m, le dépôt cinéritique est remanié : les cinérîtes fines reprises sont emballées dans des cinérîtes à ponces. Ce secteur se trouve en effet sur le trajet de la faille hydrothermale du Mont-Dore. Les sédiments gorgés d'eau ont pu glisser sur la bordure orientale de la cuvette lacustre, peut-être à la faveur du jeu brutal de la faille à la suite d'une éruption.

A l'W de la ville, la série est également visible le long de la route D 213 à 1 100 m, sous le plateau de Rigolet-Haut. J. C. LEMONNIER (1960, p. 10) en a fait une description complète et détaillée (figure 16). Des intrusions de trachyandésites ont traversé les cinérîtes non consolidées en les refoulant, les plissant et les cuisant à leur contact. Il faut insister sur le synchronisme de dépôt des cinérîtes et des laves intrusives, dont les mesures de paléomagnétisme et d'âge absolu ont, dans ce cas particulier, un *intérêt capital* pour la datation de la série.

B - Localisation - Mise en place.

La cuvette lacustre, dans laquelle se sont déposés les sédiments sur une épaisseur apparente de 100 m au moins, s'étendait assez largement à l'E et à l'W de la ville du Mont-Dore.

Sa limite orientale ne semble pas aller bien au-delà du ravin de Queureuilh.

Sa limite occidentale se situe vraisemblablement sous le plateau de Rigolet-Haut. Aucun sédiment semblable n'a pu être retrouvé plus à l'W. Les cinérites qui affleurent dans le lit du ruisseau de Cliergue, au "Salon du Paradis", sont à rapporter à la partie inférieure de la série du Rossignolet par similitude pollinique, comme nous le montrerons.

Par contre, il est impossible de fixer exactement la limite méridionale de ce lac. Elle n'atteignait certainement pas le ravin actuel de la Grande Cascade, dont la partie aval entre 1 100 et 1 150 m, est constituée uniquement de brèches et cinérites à blocs, sur lesquelles reposent la coulée inférieure de trachyandésite.

Enfin, au N, les cinérites sont recoupées par le versant sud de la vallée actuelle du ruisseau de Guéry. On ne les retrouve pas sur son versant opposé, constitué principalement de brèches ou de coulées interstratifiées.

La limite inférieure de cette cuvette se situe aux environs de 1 110-1 120 m dans le ravin de Queureuilh. Dans la ville même du Mont-Dore, elle ne descend pas en-dessous de 1 020 m puisqu'à cette altitude affleurent les brèches rapportées à la série du Rossignolet. Cette limite constitue, semble-t-il, le point *le plus bas* atteint par cet ancien lac.

L'origine de la formation de ce lac reste difficile à préciser. Il a pu être provoqué par un effondrement tectonique local, ou un barrage volcanique situé au N de la ville du Mont-Dore (peut-être sur le flanc sud-est du groupe volcanique la Banne d'Ordanche-Puy Gros). Ce lac devait être alimenté par les ruisseaux qui descendaient des reliefs qui l'encadraient à l'E et au S, respectivement le horst de la Croix Morand et le massif volcanique du Sancy.

F I G U R E 16

=====

AFFLEUREMENT SUR LA ROUTE DU MONT-DORE A LATOUR D'AUVERGNE

(Extrait : livret - guide INQUA 1969,

par L. GLANGEAUD, A. BRUN, C. BOBIER et coll.)

- 1 - Cinérite fine. 2 - Cinérite fine plissée. 3 - Cinérite écrasée.
4 - Tufs cinéritiques. 5 - Trachyandésites (aimantation normale).
6 - Pillow - lavas. 7 - Cinérite cuite. 8 - Couche scoriacée.
9 - Dépôts morainiques. 10 - Eboulis de pente. 11 - Prélèvements
et numéros d'échantillons pour pollens.

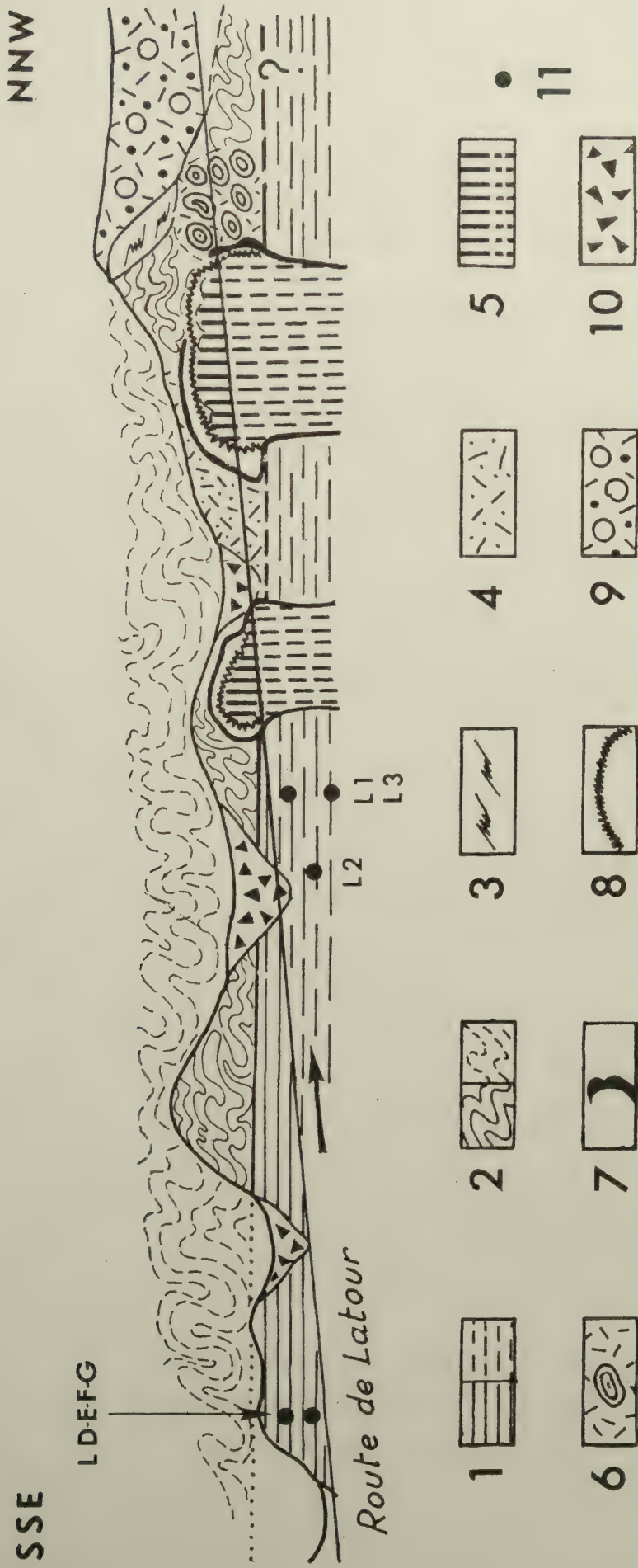


Figure 16 : Affleurement sur la route du Mont-Dore à Latour d'Auvergne

Il faut exclure l'existence d'un barrage glaciaire, car les conditions climatiques enregistrées par la composition pollinique de ces dépôts sont relativement tempérées.

C - Minéraux lourds (carte 3 et voir figure 15).

Quatre échantillons seulement ont été soumis à une analyse minéralogique. Deux prélèvements sont de "type rhyolitique" (G1, LB), le troisième de "type mixte" (LF) et le quatrième de "type hybride" (G10).

III - COMPLEXE VOLCANIQUE SURMONTANT LA SERIE DE QUEUREUILH.

Le complexe recouvre directement la série de Queureuilh. Recoupé par la route de Guéry entre le Mont-Dore et le km 1,6, il affleure entre 1 060 et 1 150 m. Il montre la succession stratigraphique suivante (voir figure 14) :

- une coulée d'aspect plus ou moins bréchique qui coiffe les cinérites (G1). L'exiguité de l'affleurement et le degré d'altération de la roche ne permettent ni d'en définir sa nature ni d'en déterminer son paléomagnétisme ou son âge (Affl. 1).
- une brèche inférieure englobant localement à son sommet, des niveaux ligniteux (G3A). Elle est recouverte par une coulée d'andésite inclinée vers le N et affleurant à 200 m du point 1 104 (Affl. 2 et 3).
- cailloutis, graviers et sables avec ébauche de classement. Eléments sancytiques, hétérométriques, à facettes, anguleux ou mal arrondis (Affl. 4).
- complexe de tufs scoriacés et inclinés, composés de cendres, lapillis, galets roulés et blocs de 20 à 30 cm alternant avec des passées fines. Le pendage maximum est

de 45° N-NE diminuant régulièrement jusqu'à 20° environ (Affl. 5 et 6).

- 200 m plus au N, ces tufs se redressent à nouveau, puis passent à des brèches atypiques ou *coulées boueuses de type "lahars"*. (Affl. 6, 7 et 8). Ces lahars, peut-être dus à la vidange brutale d'un lac, sont venus s'enfoncer dans les cinérites sous-jacentes.

Le complexe volcanique est recouvert par des tufs détritiques de la série de la Tache, visibles sur la route du col de la Croix Saint-Robert à la cote 1 170 et par la coulée de doréite α^2 qui constitue le plateau de l'Angle, (Affl. 4, 5 et 6). Cette coulée s'incline en pente douce vers le N. Sa bordure occidentale a été recoupée par la haute vallée actuelle de la Dordogne. Sa limite orientale est difficile à préciser. Il semble qu'elle soit à l'origine de la cascade du Saut du Loup.

Ce secteur de la route de Guéry, très intéressant, a été longuement observé et discuté, par les spécialistes du Quaternaire, à l'occasion du Congrès INQUA en 1969. Cependant, l'origine des tufs scoriacés inclinés reste obscure. Correspondent-ils à un ancien cône de projections, à l'origine des lahars et qui aurait été raboté à son sommet par la coulée de doréite ?

Le doute subsiste également quant à l'origine des blocs hétérométriques, à facettes, mal émoussés, qui affleurent localement sous la coulée de doréite. Appartiennent-ils aux lahars ou à un dépôt alluvial de type morainique par exemple ? En effet, selon G.M. RICHMOND (communication verbale), dans les deux cas la forme des éléments est sensiblement identique.

IV - SERIE DE LA TACHE.

La série de la Tache, en partie détritique et alluviale à la différence des autres séries, s'observe entre 1 140 m (sur la

route de Guéry) et 1 290-1 300 m (sur la route du col de la Croix Morand). Elle recouvre à la fois les séries du Rossignolet et de Queureuilh.

Cette série ne présente pas cependant une épaisseur réelle de 160 m, comme en témoignent les tufs de la série sous-jacente du Rossignolet qui affleurent eux-mêmes jusqu'à 1 270 m environ. Elle a recouvert d'une mince pellicule le horst de la Croix Morand, d'où descendaient vers l'W plusieurs vallées qu'elle a engorgées. Elle a donc épousé une paléomorphologie préfigurant la morphologie actuelle.

A - Facies - Localisation.

Cette série est constituée de deux formations distinctes .

- un niveau inférieur fait d'un dépôt remanié de type alluvial et lacustre provenant en partie du lessivage des sédiments sous-jacents altérés, mélangés à des projections ;
- un niveau supérieur formé d'alluvions caillouteuses de type morainique qui recouvre les dépôts précédents et s'étend également beaucoup plus à l'W.

1) Niveau inférieur.

a - Route de Guéry.

Entre les kilomètres 5,5 et 6,3, s'observe le contact entre la série du Rossignolet et celle de la Tache (voir figure 14). Sur les tufs ponceux de la première, reposent les dépôts remaniés de la série de la Tache (rattachés primitivement à la série de Guéry). Ceux-ci sont représentés par :

- des tufs détritiques à stratification horizontale ou entrecroisée confuse, à la base ;
- un complexe volcano-sédimentaire lacustre, ravinant les précédents.

÷ Tufs volcano-détritiques.

Au point 1 195, (Affl. 18, figures 14 et 17), ils reposent en contact anormal sur les tufs ponceux sous-jacents et sont fortement inclinés vers l'W (45°). Quelques blocs ordonnés soulignent ce pendage.

Ces tufs, qui englobent des niveaux massifs de cinérites à ponces ou à blocs, présentent, dans leur ensemble, des flexures et des gauchissements provoqués par des petites failles locales liées à la surrection du horst de la Croix Morand.

Au N du point 1 195 (Affl. 20, figure 14) et au S également (Affl. 14, figures 14 et 17), les tufs présentent un faciès plus franchement lacustre. Leur litage horizontal est localement perturbé par des apports grossiers de type morainique, aux éléments à facettes et mal émoussés.

÷ Complexe volcano-sédimentaire lacustre. (Affl. 17, figures 14 et 17).

Ce complexe est composé d'une alternance :

- de bancs massifs conglomératiques à galets roulés,
- de bancs bréchiques à éléments hétérométriques plus ou moins bien classés, anguleux ou peu émoussés,
- de niveaux finement lités de cinérites fines à couches claires et sombres, de ponces et de sable.

Le contact entre le complexe et les tufs volcano-détritiques est oblique. Les tufs lités ont un pendage parallèle à cette limite de ravinement. D'autre part, au sommet de l'affleurement ces deux formations s'intriquent étroitement. Ces observations semblent bien démontrer le *synchronisme de dépôt* des deux ensembles sédimentaires.

Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer la mise en place du complexe volcano-sédimentaire lacustre.

- Ces sédiments se situent dans une zone d'instabilité du socle. Sur la pente où s'accumulaient les dépôts de lessivage, une forte flexure a pu entraîner un effondrement local, provoquant ainsi la formation d'un lac qui s'approfondissait au fur et à mesure que la flexure s'accentuait. Celle-ci, en se déplaçant vers le N a dû repousser la limite septentrionale du lac, expliquant ainsi la superposition horizontale des dépôts lacustres et des tufs volcano-détritiques.
- Une deuxième hypothèse serait celle d'une langue glaciaire venant de l'E, qui aurait barré momentanément la vallée de Guéry, déterminant ainsi la formation d'un lac. Peut-être s'agirait-il de la langue glaciaire ayant emprunté l'ancien cours du ruisseau de Glamaire et ayant laissé comme témoin les dépôts morainiques qui ravinent le complexe lacustre (Affl. 14, 15, 16, figures 14 et 17).

Enfin, les deux phénomènes - effondrement et barrage glaciaire - ont pu agir simultanément.

La stratification de ce dépôt a une double origine : *lacustre et volcanique*. Des éléments de toute nature, socle-coulées-projections, arrachés au substratum lors de la surrection du horst de la Croix Morand et entraînés par les eaux de ruissellement et les ruisseaux, se déposaient dans un lac où ils étaient classés. Au cours des périodes d'activité volcanique plus intense, des arrivées brutales de brèches, aux éléments anguleux, venaient coiffer les dépôts antérieurs.

F I G U R E 17

=====

ROUTE DE GUERY. AFFLEUREMENTS 14 - 15 - 16 - 17 - 18

- 1 - Tufs ponceux. 2 - Cinérite à blocs atypique. 3 - Tufs volcano-détritiques remaniés, à stratification entrecroisée confuse.
4 - Bancs de cinérite à blocs. 5 - Volcano-sédimentaire lacustre.
6 - Sables cinéritiques intra-morainiques ou sous-morainiques.
7 - Cailloutis morainiques.

Prélèvements et numéros d'échantillons : 9 - Pollens. 10 - Minéraux lourds. 11 - Pollens + minéraux lourds. 12 - Numéros d'affleurement (voir figure 14).

F I G U R E 18

=====

ROUTE DE GUERY. AFFLEUREMENT 12

- 1 - Volcano-sédimentaire lacustre. 2 - Tufs granoclassés. 3 - Eboulis. 4 - Cinérite fine compacte ou fragmentée. 5 - Cinérite fine litée. 6 - Tufs ponceux. 7 - Cinérite à blocs. 8 - Cailloutis morainiques en lentilles, interstratifiées dans les tufs ou couronnant l'affleurement.

Prélèvements et numéros d'échantillons : 9 - Pollens. 10 - Minéraux lourds. 11 - Pollens + minéraux lourds. α : bombe de phonolite.

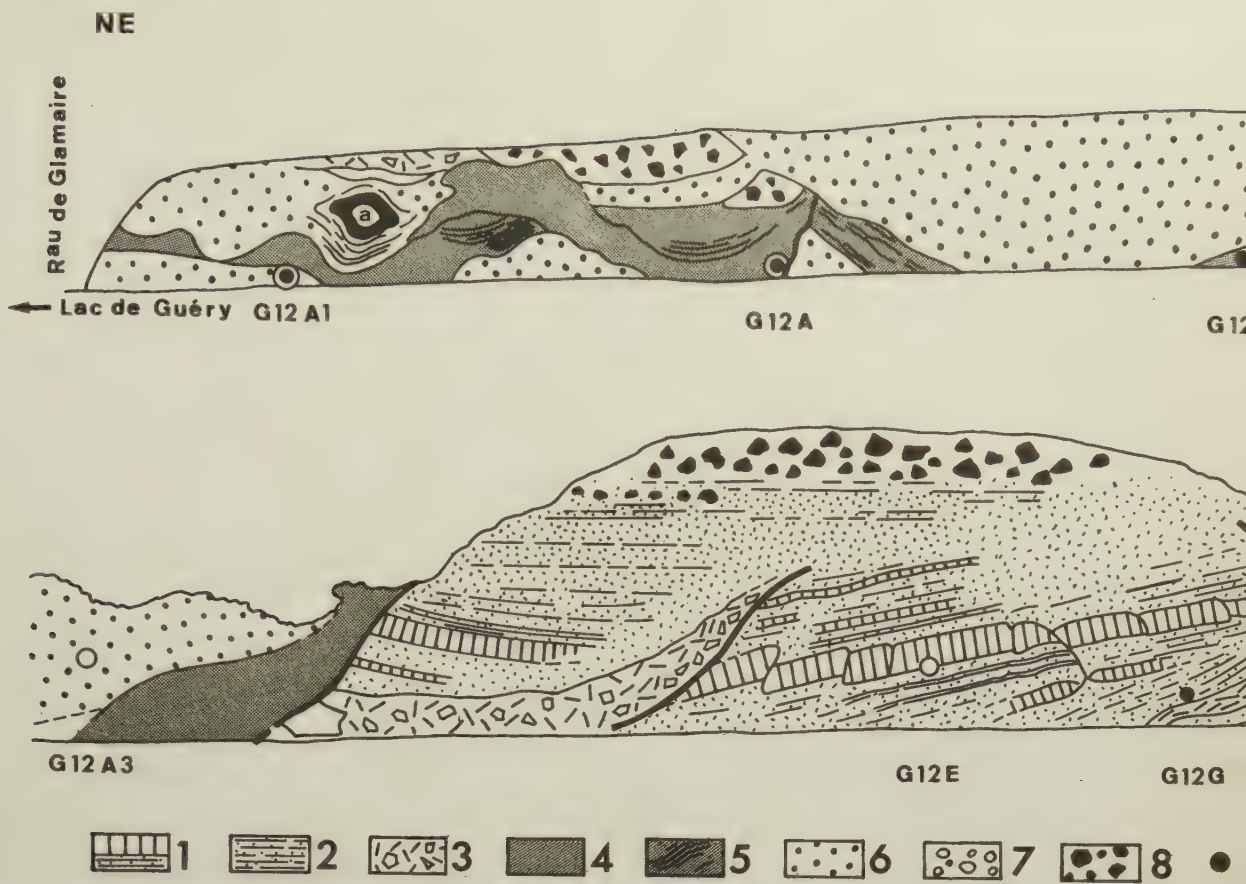


Figure 18 : Route de Guéry. Affleurement 12

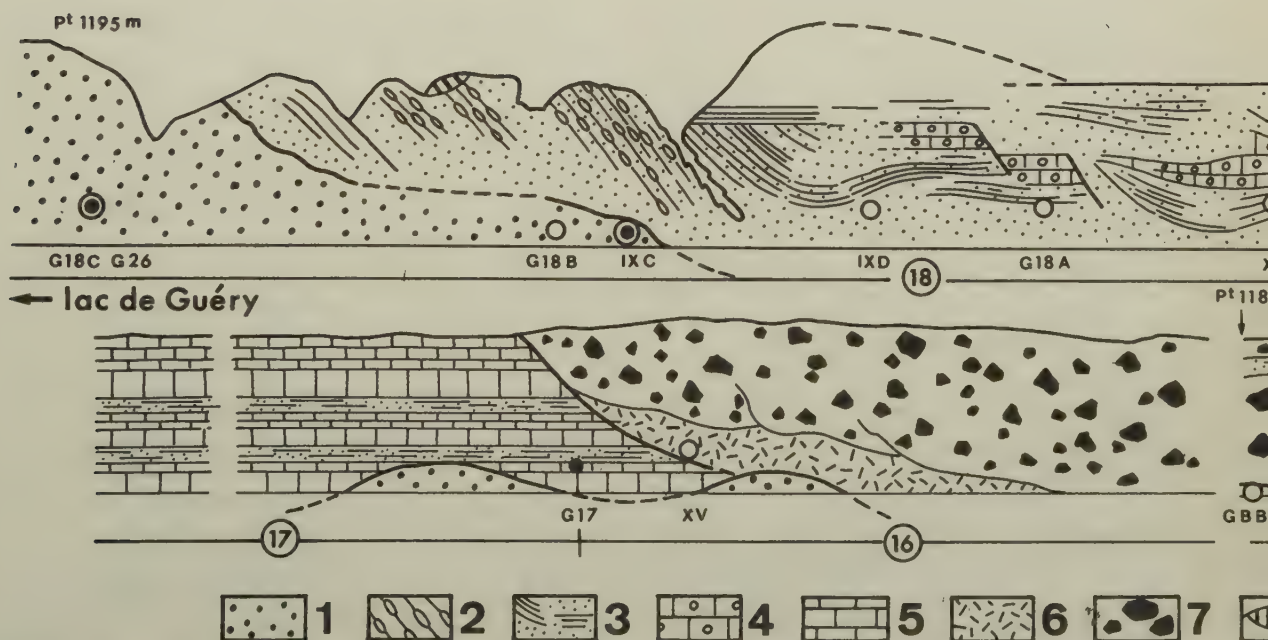


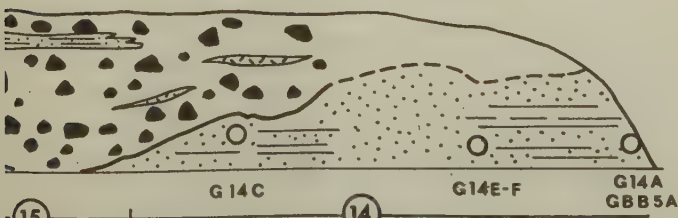
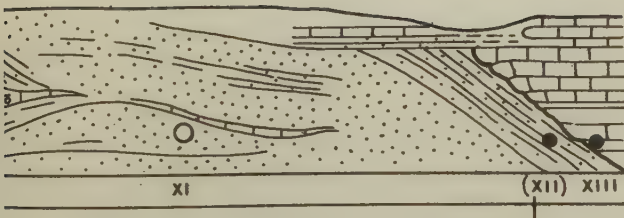
Figure 17 : Route de Guéry. Affleurements 14-15-16-17-18

SW



le Mont-Dore →

○ 10 ● 11 a



15 14 le Mont-Dore →

8 • 9 ○ 10 ● 11 15 12

÷ Affleurement 12 (figures 14 et 18).

Cet affleurement à la cote 1 175, représente un ensemble mixte de projections volcaniques et de dépôts volcano-sédimentaires emboîtés. L'étude détaillée de ces dépôts montre, comme précédemment, l'enfoncement de la partie orientale de la fosse d'effondrement, le long des failles nord-sud qui limitent à l'E le horst de la Croix Morand.

La mise en place de ces dépôts est complexe. Elle s'est faite en trois temps.

1er temps : Il y eut d'abord une succession de dépôts lacustres emboîtés et faillés. Ces dépôts sont formés d'une alternance de bancs grossiers microbréchiques granoclassés et de lits de cinérite fine, ponces, sables ou petits graviers roulés. Leur faciès est voisin de celui du complexe volcano-sédimentaire précédemment décrit.

Lors d'une phase de surrection du horst plus violente, les tufs en cours de consolidation ont basculé en se faillant. Ils ont été en même temps surcreusés par des chenaux d'écoulement venant de l'E, sur les flancs desquels glissèrent et s'accumulèrent des éboulis. Ceux-ci ont été emprisonnés ultérieurement par de nouveaux dépôts lacustres.

Ces éboulis sont exclusivement constitués de phonolite . L'origine de cette roche est problématique car actuellement dans le voisinage immédiat, n'affleure aucun dôme phonolitique (le plus proche est celui du point 1 395 m sur la rive droite du ruisseau de la Chaneau-Croix Morand). Le dôme ayant fourni les éléments de cet éboulis a été érodé ou masqué par les dépôts alluviaux ou les coulées des phases ultérieures.

2ème temps : Dans les dépôts précédents viennent s'emboîter des projections (tufs ponceux ou granoclassés, cinérites à blocs, cinérites fines). Celles-ci, imbibées d'eau ont glissé sur les pentes et se sont sédimentées dans de petites cuvettes où elles ont été localement refoulées et cuites par des bombes volcaniques qui sont par conséquent contemporaines de leur dépôt.

3ème temps : A la partie supérieure, reposent des tufs interstratifiés de bancs de galets, recouverts eux-mêmes par des cailloutis morainiques.

Par leur faciès, les tufs interstratifiés de galets se rattachent à la série de la Tache. Mais il n'est pas possible d'observer leur contact avec le volcano-sédimentaire sous-jacent. Si ce contact est progressif, l'ensemble des dépôts, volcano-sédimentaire et projections, *appartiendrait à la série de la Tache* (voir figure 14 Ba). Si au contraire, les tufs à cailloutis constituent une unité sédimentologique indépendante, les dépôts précédents *pourraient être rattachés à la série du Rossignolet* (figure 14 Bb).

b - Vallée de la Croix Morand.

A la partie supérieure des versants de cette vallée, comme celles de Glamaire et de Barbier, les tufs détritiques s'observent sur une faible épaisseur.

Sur les tufs ponceux de la série du Rossignolet, reposent vers 1 270-1 280 m des dépôts lacustres à *sédimentation rythmique horizontale*, visibles dans un ravin de la rive gauche du ruisseau de la Croix Morand. Ils sont constitués d'une alternance de bancs massifs de tufs ponceux de 30 à 40 cm d'épaisseur et de couches finement litées, représentées par des feuillets de ponces aplaties, de cinérite fine, de sables grossiers et de concentrations ferrugineuses qui soulignent le litage. Quelques blocs ou galets tombés dans le

sédiment en cours de dépôt perturbent localement la stratification horizontale. Ces dépôts sont à rattacher à la série de la Tache. Des analyses chimiques effectuées par le laboratoire de Mme DUBOUL-RAZAVET ⁽¹⁾ ont montré qu'il ne s'agissait pas de varves classiques, comme l'avait souligné F. MANHES (1966, figure 12 : sédimentaire varvé). Le carbone total est toujours inférieur à 0, 1 %. Les passées colorées correspondent à des concentrations de fer. L'hypothèse émise par Mme DUBOUL-RAZAVET qu'il pourrait s'agir là de *dépôt de lessivage* (sous des conditions climatiques qu'il resterait à définir), confirme la genèse de la série de la Tache. D'autres analyses chimiques seraient souhaitables dans les tufs détritiques proprement dits de la série. Du point de vue de la composition pollinique, huit échantillons analysés se sont révélés stériles.

2) Niveau supérieur - Alluvions glaciaires.

D'importantes nappes caillouteuses recouvrent tout cet ensemble. Elles ravinent d'une façon très irrégulière les dépôts sous-jacents de la série de la Tache. Elles affleurent en bordure des routes de la Croix Morand et de Guéry.

a - Route de la Croix Morand.

Les tranchées ouvertes le long de cette route montrent la partie supérieure de la série de la Tache, visible entre 1 260 et 1 310 m (figure 19). Elle est constituée essentiellement de cailloutis morainiques patinés ou altérés, dans une matrice cinéritique graveleuse ou argileuse, altérée, versicolore, ocrée et violacée. Les blocs ou galets sont à facettes, anguleux ou peu émoussés. Des tufs

(1) Nous remercions vivement Mme DUBOUL-RAZAVET de nous avoir prêté son concours dans cette étude.

F I G U R E 19

=====

ROUTE DE LA CROIX MORAND

- 1 - Cailloutis morainiques. 2 - Tufs ponceux. 3 - Paléosol.
4 - Nuées ardentes du Puy de la Tache. 5 - Zone de cuisson dans
les tufs, au contact des nuées ardentes. 6 - Prélèvements et nu-
méros d'échantillon pour minéraux lourds.

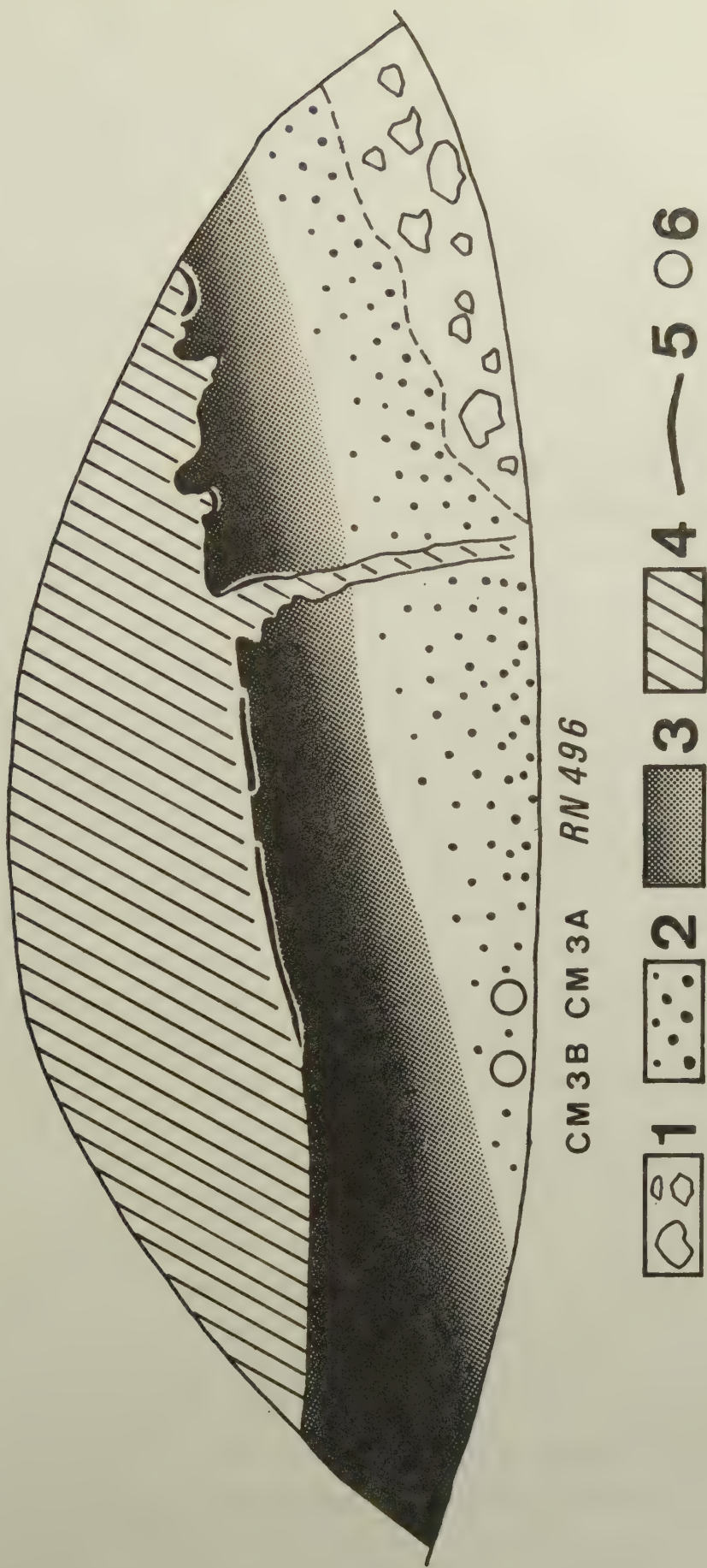


Figure 19 : Route de la Croix Morand.

ponceux y sont incorporés, provenant soit d'un arrachage du substratum par le glacier, soit d'une éruption.

A la partie supérieure de la série, un paléosol ocré est visible localement.

Sur ces dépôts morainiques, reposent les projection sancyitiques du Puy de la Tache, formées de trachytes à biotite et sanidine et de brèches de type péléen, qui ont cuit localement la surface du paléosol. Les éruptions sancyitiques sont donc *nettement postérieures* à l'épisode glaciaire, c'est-à-dire à la série de la Tache (L. GLANGEAUD, A. BRUN, C. BOBIER, 1969).

L'étude pétrographique en lames minces des éléments morainiques a été réalisée par C. ROBIN, que nous avons plaisir à remercier ici. Ces éléments morainiques sont constitués de sancyites, de doréites, d'andésites porphyriques et de basaltes (pyroxène monoclinique sans olivine). On note une prédominance de trachyandésites et tous les intermédiaires existent entre les sancyites très alcalines et les andésites. A côté de ces éléments on trouve des galets de cristallin, qui sont localement assez abondants. Ces derniers peuvent provenir d'explosions volcaniques ou avoir été arrachés au substratum primaire qui émergeait lors du passage du glacier. Cette deuxième hypothèse confirmerait bien l'existence du horst de la Croix Morand formant relief à l'E de la fosse et qui avait déjà été signalée par Ph. et L. GLANGEAUD. En outre, les éléments cristallins ne se trouvent pas en même proportion dans tous les affleurements de la route de la Croix Morand. Ils sont particulièrement abondants à la cote 1 260 (à 300 m environ du point 1 271). On peut estimer leur pourcentage à 10-15 %. Ils jalonnent également le lit du ruisseau de Barbier, mélangés à des basaltes et des sancyites. Leur taux élevé au voisinage de cette cote pourrait être l'indice de la proximité du rebord du horst dans ce secteur, c'est-à-dire de la faille A (voir figure 3).

b - Route de Guéry.

Par leur facies et la forme de leurs constituants, les cailloutis affleurant le long de la route de Guéry vers 1 180-1 200 m (voir figure 14) s'apparentent aux dépôts morainiques classiques. Ils sont de deux types : argilo-sableux et pauvres en éléments ou essentiellement caillouteux. Dans ce cas, les galets ou blocs sont hétérogènes, hétérométriques, à facettes, anguleux ou mal émoussés, altérés ou patinés. Les blocs dépassant 1 m de diamètre sont rares. Le classement des éléments est nul ou médiocre, parfois simulé par quelques lentilles de sables cinéritiques ou de tufs volcano-détritiques granoclassés (Affl. 15, voir figures 14 et 17).

Parmi les constituants morainiques, il faut noter la présence de phonolites, trachyandésites très proches du pôle andésitique (doréites sombres), andésites porphyriques, andésites et basaltes. Les granites sont également présents, mais n'atteignent jamais les pourcentages précédents.

Les dépôts morainiques de la route de Guéry sont situés 100 m en contre-bas de ceux de la Croix Morand. Il n'est pas possible actuellement de savoir si ces deux ensembles de dépôts sont contemporains et deux hypothèses doivent être formulées :

- *Les cailloutis de Guéry et de la Croix Morand sont synchrones.* La dénivellation serait provoquée par la faille qui aurait continué à jouer après leur dépôt. Dans ce cas, les moraines de la route de Guéry seraient précédées dans le temps par des apports caillouteux, sorte d'alluvions préglaciaires incorporées sous forme de lentilles aux tufs détritiques remaniés sous-jacents (Affl. 20 et 20A, figure 14). Ces apports représenteraient, dans le temps comme dans l'espace, le *trait d'union* entre les dépôts de lessivage recouvrant les

tufs ponceux de la série du Rossignolet et les moraines proprement dites. Les dépôts de lessivage et les apports glaciaires se seraient *succédés dans le temps d'une façon continue.*

- *Les cailloutis de la route de Guéry sont plus récents que ceux de la Croix Morand et en sont séparés dans le temps par une phase de creusement importante. Ceci expliquerait peut-être, mais pas nécessairement, une différence de composition pétrographique. En effet, selon une première estimation, il semble que les cailloutis de la Croix Morand sont surtout composés de trachandésites, alors que ceux de la route de Guéry sont riches en basaltes et phonolites ⁽¹⁾. Cette deuxième hypothèse ne serait pas en désaccord avec l'âge des coulées basaltiques sus-jacentes, estimé à moins de 0,5 MA (R. MENENDEZ, *in litt.*), d'après des premiers résultats approximatifs.*

c - Coulées.

Les tufs et cailloutis de la série de la Tache sont recouverts par des coulées de basalte β^1 de la ferme de la Tache (38, carte 3) et β^2 du S de la Clef du Lac (37, carte 3). Quant au basalte du ruisseau de Barbier, il n'est pas possible de dire s'il est interstratifié dans la série de la Tache ou s'il lui est sus-jacent, emboîté dans une vallée plus récente.

(1) *Nous tenons à souligner que cette constatation est consécutive à des observations de terrain et qu'une étude statistique des composants morainiques serait nécessaire.*

B - Minéraux lourds.

Vingt échantillons ont été analysés (carte 3, figure 20). La majorité se situe dans les tufs détritiques du niveau inférieur affleurant le long de la route de Guéry. Deux échantillons ont été prélevés également dans le niveau supérieur affleurant le long de la route de la Croix Morand (CM3A-B).

Dans cette série, les quatre types minéralogiques sont représentés : *rhyolitique*, *mixte*, *hybride* (le plus représenté) et *basaltique*.

Cette hétérogénéité est peut-être liée au facies détritique et remanié de ces dépôts. Ceux-ci diffèrent des autres séries par :

- la présence du type basaltique (CM3A-B et G4 : pas de sphène)
- les proportions plus élevées de *zircon* et d'*amphibole*.

C - Extension de la série de la Tache.

- Le niveau inférieur repose sur une vaste surface d'épan-
dage inclinée vers l'W et qui descend à la fois du horst
de la Croix Morand à l'E et du Roc de Cuzeau au S. Les
repères altimétriques sont les suivants :

- . 1 200 m (affl. 20)
- . 1 190 m (affl. 14)
- . 1 180 m (affl. 11)
- . 1 170 m (route D 36 du col de la Croix Saint-
Robert)

Au niveau du plateau de l'Angle, ces dépôts sont fossilisés par la coulée de doréite de $1,6 \pm 0,4$ MA. Ces dépôts sont donc

antérieurs à cet âge.

- Le niveau supérieur caillouteux constitue un niveau repère d'extension *beaucoup plus large*, qui peut être suivi d'E en W avec une altitude décroissante (L. GLANGEAUD, A. BRUN, C. BOBIER, 1969). A l'E de la fosse, cette couverture morainique recouvre les séries précédentes. Elle culmine à 1 300 m sous les projections sancyitiques du Puy de la Tache et se retrouve vers 1 200-1 220 m à la ferme du Barbier. Il est probable que les dépôts morainiques situés à 1 350 m dans la région du Capucin (Ph. GLANGEAUD) et sur le flanc de la Roche de Vendeix (1 166 m) /ayant joué le rôle de verrou glaciaire (Ph. GLANGEAUD)/ soient à rattacher à cette couverture qui tapisse une surface s'inclinant vers le N et vers l'W à partir du massif du Sancy. Il en serait peut-être de même pour les moraines reconnues entre 1 300 et 1 220 m (E. BUENO ROMERO), sur la coulée de doréite au plateau de l'Angle.

- . rive gauche : sur le plateau de Rigolet (entre 1 190-1 155 m) et à l'E de Vendeix (entre 1 180 et 1 168 m).

- . rive droite : au Pré Cohadon (1 089 m) où affleurent des blocs erratiques striés et quelques galets de granite et peut-être "chez Tamboine" (1 170 m) (?).

A l'W vers 950 m sur la bordure occidentale du massif, cette couverture détritique vient se confondre avec le vaste plateau morainique de l'Artense.

F I G U R E 20

=====

DIAGRAMME DE REPARTITION MINERALOGIQUE DE LA SERIE DE LA TACHE

Pour la localisation des échantillons, voir carte 3

1 = CM3B, 2 = CM3A, 3 = Chan. 5F, 4 = Chan. 4, 5 = XV, 6 = G20,
7 = GBB 8A, 8 = XI, 9 = X, 10 = G18A, 11 = IXD, 12 = GBB 5a,
13 = G14A, 14 = G14F, 15 = G14E, 16 = G14C, 17 = GBB6, 18 = G11E,
19 = G9, 20 = G7, 21 = G6, 22 = G4.

Série de la Tache

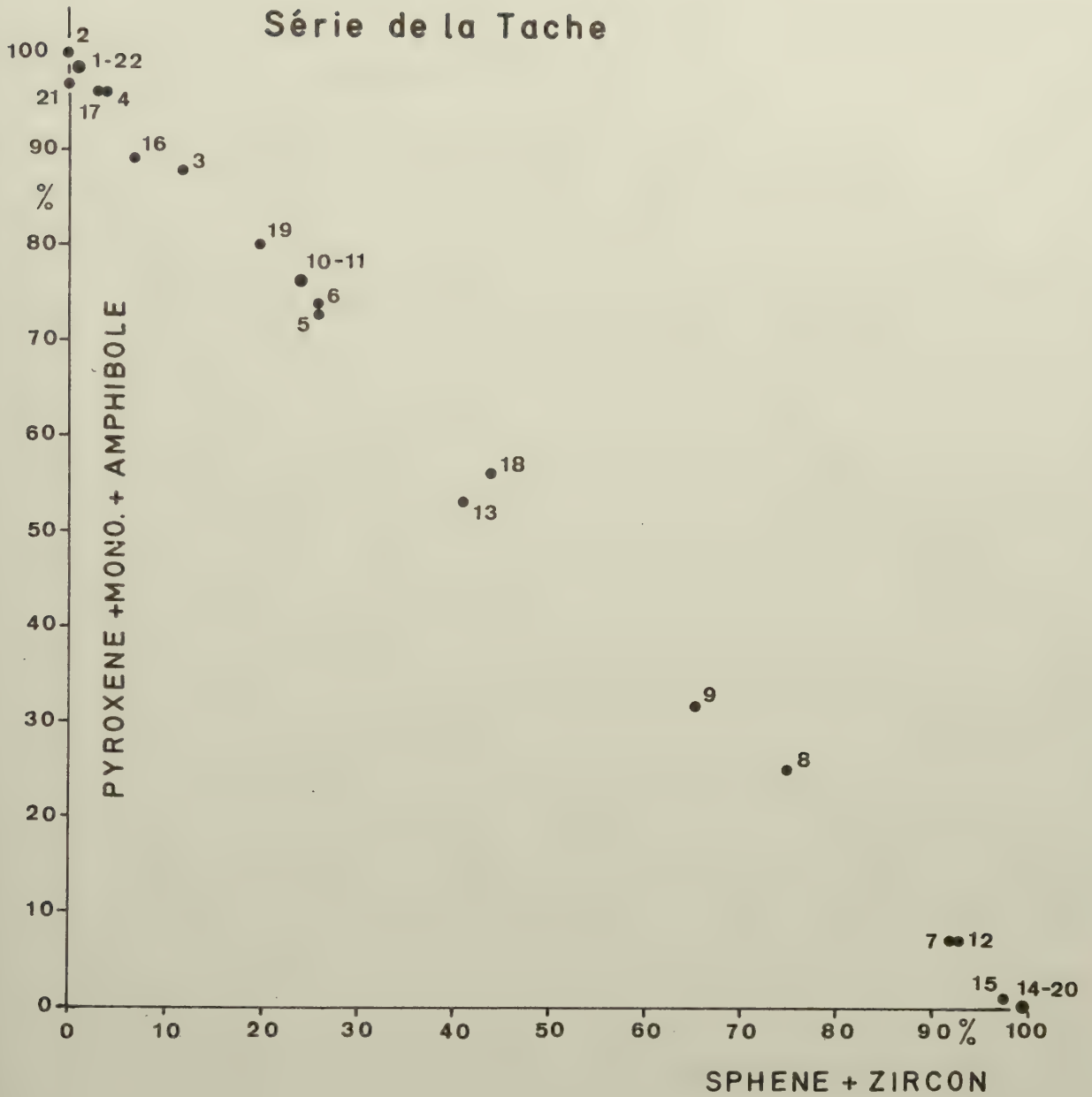


Figure 20 : Diagramme de répartition minéralogique de la série de la Tache.

D - Reconstitution paléomorphologique de la bordure orientale de la fosse de la Bourboule - le Mont-Dore.

Les phases successives de la mise en place des différents dépôts peuvent être résumées de la façon suivante (figure 21).

Première et deuxième phases : Sur le socle granitique (1) mise en place, successivement, des tufs ponceux de la série du Rossignolet (2) et des cinérites de la série de Queureuilh (3), emboîtée localement dans la précédente.

Troisième phase : Sur les pentes accentuées par la montée en gradins du horst de la Croix Morand et sur les pentes septentrionales du Sancy, glissent vers l'W des formations détritiques, entraînées par le ruissellement et mélangées à des projections (4). Ces dépôts tapissent irrégulièrement les tufs ponceux sous-jacents, engorgeant localement le bas des versants. Un climat relativement humide pourrait être à l'origine de la genèse de ces "éluvions" (1). Localement, des petits lacs favorisent la formation de dépôts lacustres. Mais le substratum n'est pas stable. Des failles et des gauchissements modifient l'agencement des dépôts et des surcreusements locaux les entaillent. Des coulées de doréite (5) se mettent en place, recouvrant ces dépôts (plateau de l'Angle).

Quatrième phase : Le froid et l'humidité s'accroissent. Le glacier qui couronne les sommets descend vers les altitudes plus basses. Il ravine les éluvions. Il arrache même localement cette couverture sur

=====

(1) Eluvion (sens géographique) : ensemble des particules enlevées aux versants par les eaux de ruissellement et déposées au bas des pentes (G. PLAISANCE et A. CAILLEUX, 1958).

F I G U R E 21

=====

RECONSTITUTION PALEOMORPHOLOGIQUE DE LA BORDURE ORIENTALE

DE LA FOSSE DE LA BOURBOULE - LE MONT-DORÉ

1 - Socle granitique. 2 - Tufs ponceux de la série du Rossignolet.
3 - Cinérites fines de la série de Queureuilh. 4 - Tufs volcano-
détritiques du niveau inférieur de la série de la Tache. 5 - Tra-
chyandésite (doréite du plateau de l'Angle). 6 - Couverture morai-
nique : niveau supérieur de la série de la Tache. 7 - Paléosol.
8 - Basalte. 9 - Nuées ardentes. 10 - Trachyandésite (sancyite).
fA : faille nord-sud.

F I G U R E 22

=====

COUPE V SUR LA BORDURE ORIENTALE DE LA FOSSE

A : LITHOLOGIE.

Voir légende figure 21.

VI encerclé : point d'intersection avec la coupe VI (voir carte 1).

B : STRATIGRAPHIE.

Ba : 1 - Socle granitique. 2 - Série du Rossignolet. 3 - Niveau
inférieur de la série de la Tache. 4 - Niveau supérieur de
la série de la Tache (cailloutis morainiques gunziens).
5 - Massif adventif.

Bb : 1 à 5 : voir ci-dessus. 6 - Cailloutis morainiques mindé-
liens (?). 7 - Basalte.

1 : niveau supérieur de la Tache (gunzien). 2 - Phase d'éro-
sion. 3 : surface de remblaiement du glacière mindélien (?).

W

E

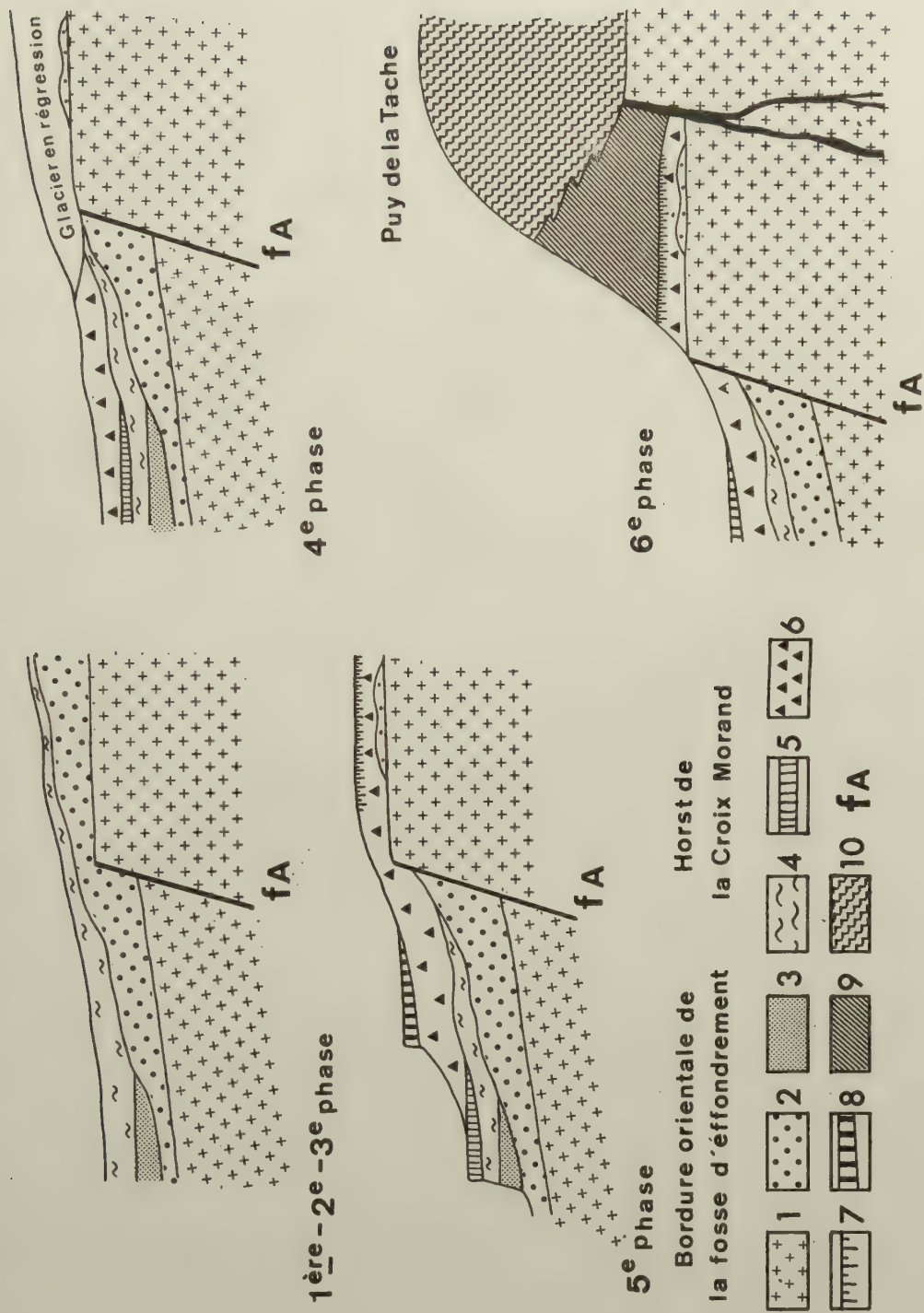


Figure 21 : Reconstitution paléomorphologique de la bordure orientale de la fosse d'effondrement de la Bourboule - le Mont-Dore

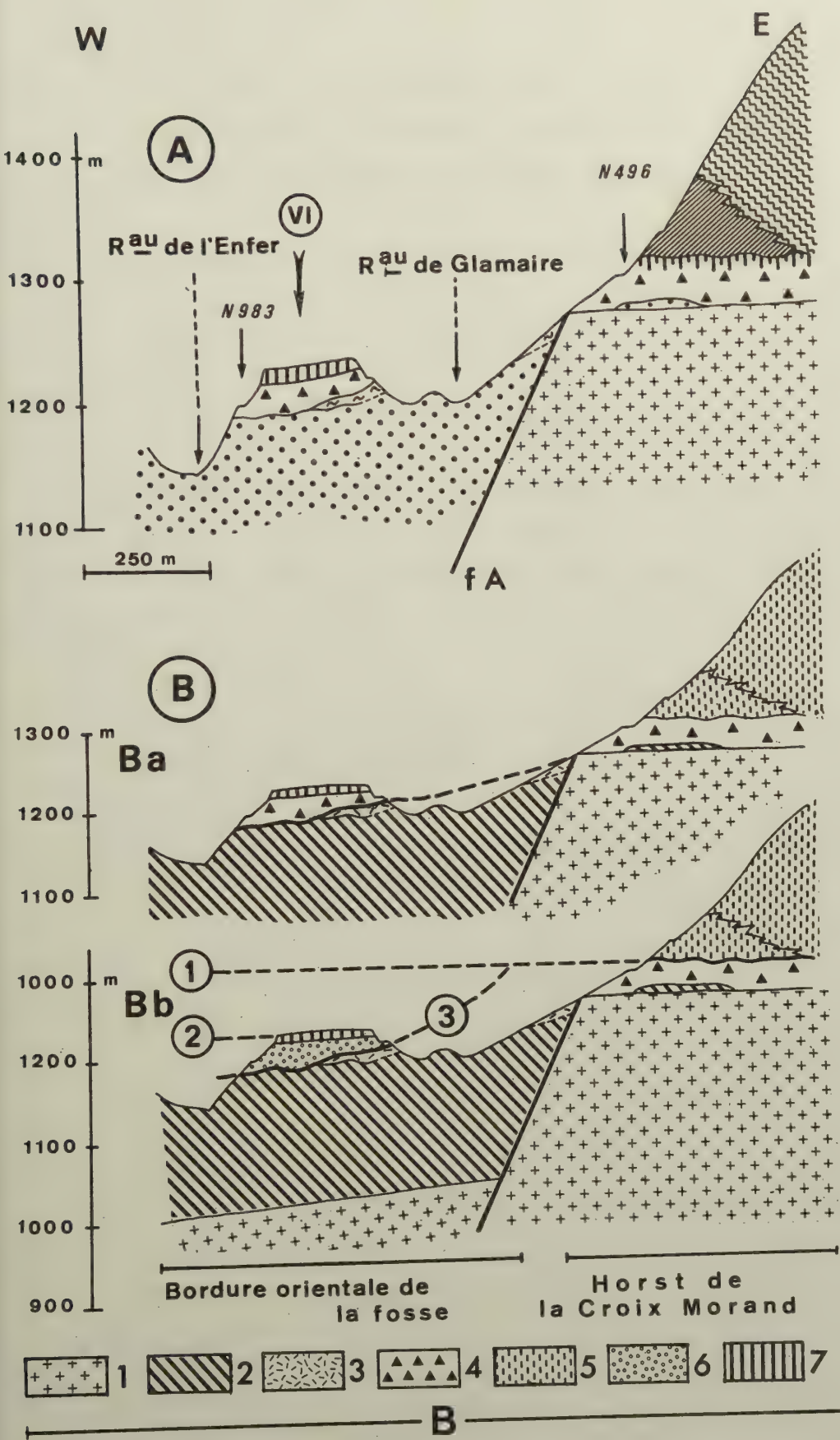


Figure 22 : Coupe V sur la bordure orientale de la fosse.

les gradins les plus élevés du horst, toujours en voie de surrection. Le socle lui-même est raboté et enrichira en éléments cristallins les alluvions morainiques futures.

Cinquième phase : Le glacier se retire en abandonnant les cailloutis (6). Le jeu des failles s'accentue. Dans la fosse, les dépôts morainiques sont emprisonnés sous des coulées de basalte (8) tandis que sur le horst mis à nu, ils s'altèrent. Un paléosol se forme (7).

Sixième phase : Enfin, les éruptions sancyitiques du Puy de la Tache se manifestent, favorisées peut-être par un dernier rejeu du horst. Leurs produits d'explosion, nuées ardentes (9) et sancyites (10), recouvrent les cailloutis. C'est l'édification du *Massif adventif*.

La coupe V (carte 1 et figure 22) montre l'état actuel dans les deux cas suivants :

A - Les cailloutis de Guéry et de la Croix Morand sont contemporains.

B - Le glacière de Guéry est plus récent que celui de la Croix Morand. Il en est séparé par une période d'érosion. Cette deuxième hypothèse n'exclut pas le jeu de la faille nord-sud, au cours de cette évolution.

E - Coupe d'ensemble à travers les trois séries.

La coupe géologique VI (carte 1 et figure 23) résume les relations stratigraphiques entre les trois séries.

F I G U R E 23

=====

COUPE VI DANS LA ZONE ORIENTALE DE LA FOSSE

A : LITHOLOGIE.

1 - Tufs ponceux. 2 - Tufs cinéritiques. 3 - Brèches. 4 - Cinérites fines. 5 - Lahars. 6 - Tufs volcano-détritiques remaniés. 7 - Volcano-sédimentaire lacustre. 8 - Cailloutis morainiques. 9 - Andésite. 10 - Trachyandésite (doréite). 11 - Basalte.

B : STRATIGRAPHIE.

12 - Socle granitique. 13 - Série du Rossignolet. 14 - Série de Queureuilh. 15 - Complexe volcanique surmontant la série de Queureuilh. 16 - Niveau inférieur de la série de la Tache. 17 - Niveau supérieur de la série de la Tache. f, fA : failles.

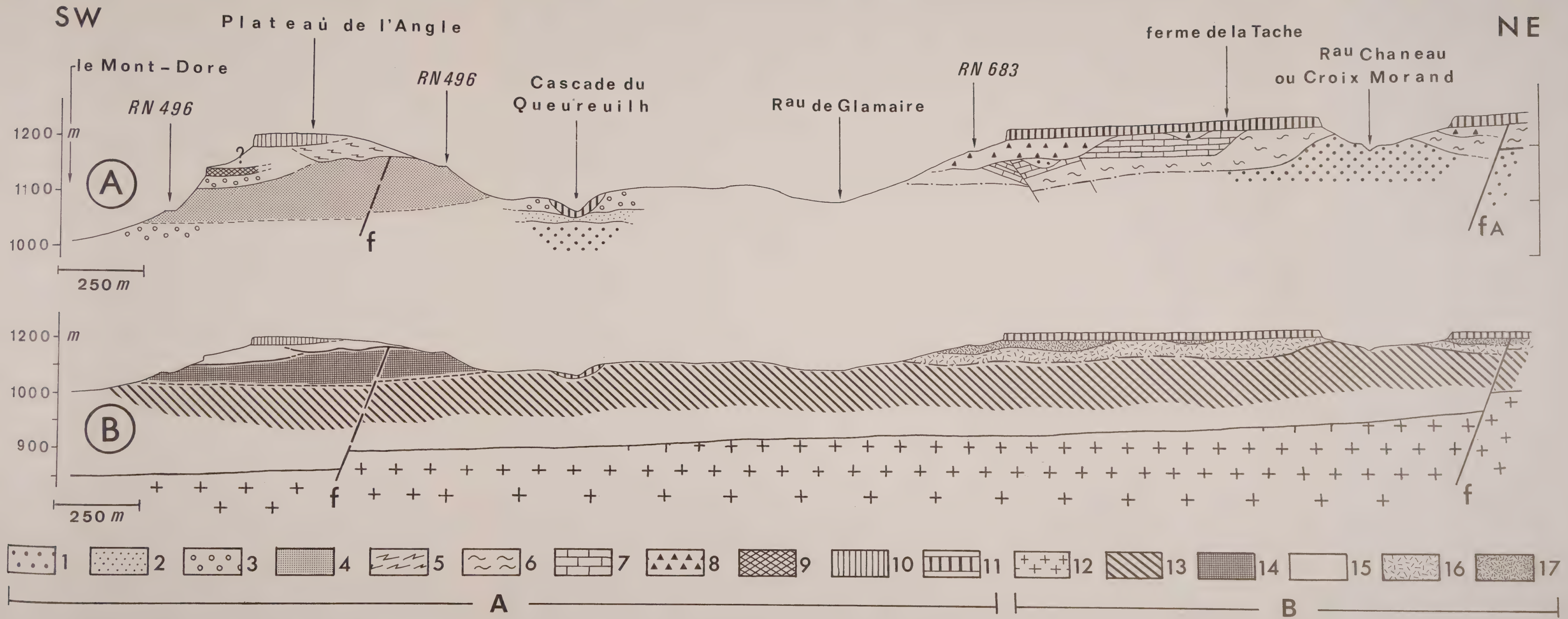


Figure 23 : Coupe VI dans la zone orientale de la fosse.

DEUXIEME CHAPITRE
=====

ETUDE PALYNOLOGIQUE DES DIFFERENTES SERIES

I - SERIE DU ROSSIGNOLET.

1) Localisation des échantillons (carte 6).

Les échantillons ont été prélevés dans le ruisseau de Guéry (RG 7-6B) sous le basalte de la cascade du Queureuilh (Q 1), au bord de la route RN 683, au point 1195 [G 18C-IXC-G 26 (éch. F. MANHES)]⁷, enfin le long des ruisseaux de la Chaneau-Croix Morand (Chan. 1-2), de Glamaire (Gl. 1) et de Barbier (Barb. 1).

Les spectres des échantillons de l'affleurement 12 (G12G-A₁-A-C et G21) ont été placés dans le diagramme de cette série, bien que ces sédiments, on l'a vu, aient une position stratigraphique incertaine.

Enfin, nous avons rattaché à cette série deux échantillons de cinérîte fine à débris ligneux, prélevés en bordure du ruisseau de Cliergue au lieu dit "Salon du Paradis" à 1 220-1 230 m (SP5a-5b).

2) Caractéristiques sporo-polliniques (diagrammes XIV, XV, XVI).

Trois niveaux de composition pollinique distincte apparaissent dans l'ensemble de cette série.

a) Niveau inférieur.

Ce niveau correspond à la base de la série affleurant en aval du ruisseau de Guéry, et jusque sous le basalte de la cascade

du Queureuilh, entre 1 000 et 1 080 m.

Les niveaux *RG6B* et *Q1* comportent deux particularités polliniques intéressantes (diagramme XIV) :

- Une forte proportion de *Tsuga*, jamais rencontrée jusqu'ici dans les sédiments montdoriens analysés et qui atteint 21,5 %.
- Cette essence est accompagnée de *Eucommia*, qui a également une fréquence plus marquée que dans les dépôts pliocènes ou tigliens.

Ces particularités se retrouvent également dans la composition pollinique des cinérites du "Salon du Paradis". Le genre *Tsuga* est toutefois un peu moins bien représenté (4,5 à 12 %) mais comme précédemment, il est toujours accompagné d'*Eucommia* (en pourcentage inférieur à 1).

D'autre part, la représentation assez forte du Sapin et de l'*Epicea*, qui n'apparaît pas dans les autres niveaux de la série, est sensiblement la même au Salon du Paradis et à Guéry. En conséquence, les singularités végétales communes à ces sédiments nous incitent, à défaut d'autres critères, à placer ces dépôts, provisoirement et à titre d'hypothèse, dans le même niveau inférieur de la série.

Les autres caractères notés sont les suivants :

- à côté des types de transition déjà cités, figurent secondairement *Carya*, *Pterocarya* et cf. *Pinus t. haploxylon* [un seul grain se rapporte à la diagnose exacte de K. RUDOLPH (*Q1*, diagramme XIV)].
- les types tertiaires sont exceptionnels et peuvent provenir de remaniement (Monocolpé ?).

- les Conifères oscillent entre 45 et 63 %.
- la Chênaie mixte est représentée principalement par *Quercus*.
- enfin, le Hêtre est absent ou rare.

Le niveau RG7 est très différent des précédents par l'abondance du Pin. Nous discuterons plus loin l'âge possible des dépôts auxquels il appartient.

b) Niveau moyen.

Il est représenté par les tufs des ruisseaux de Glamaire et de Barbier et peut-être par les projections de la cote 1175 de la route de Guéry (affl. 12).

Il se distingue du niveau inférieur par une réduction du nombre de taxons végétaux représentés (tant du point de vue des arbres que des herbacées, voir diagrammes XIV et XV) et par un accroissement considérable de *Pinus t. silvestris*. Ce Conifère devient l'élément dominant de la strate arborescente, à l'exclusion du Sapin et de l'Épicéa. Les herbacées peu représentées comptent surtout des Graminées et des Armoises. Les formes de transition sont rares et ne dépassent pas 2 %.

c) Niveau supérieur.

Ce niveau correspond aux tufs de la route de Guéry (pt 1195) et du ruisseau de la Chaneau-Croix Morand. Il est nettement différent des deux niveaux précédents du point de vue pollinique.

- Les arbres ont une fréquence moins élevée et parmi eux, on compte une majorité de Feuillus (diagramme XVI).
- Ces Feuillus associent le Bouleau et d'une façon plus irrégulière, le Chêne et le Hêtre.

- Les types de transition, tels que *Tsuga*, *Carya*, *Pterocarya* sont *absents*. Seuls subsistent *Castanea* et localement *Pinus* t. *haploxyton*, *P. canariensis* et *Platanus* (diagramme XIV).

Parmi les herbacées (diagramme XV), les Graminées progressent considérablement, accompagnées de poussées d'Ombellifères et de Pteridophytes.

En résumé, on note un morcellement très net du groupe II dès le niveau moyen. D'autre part, trois phases à végétation différente se distinguent (diagramme XVI) :

- Niveau inférieur = phase à *Tsuga* (I)
- Niveau moyen = phase à Pin (II)
- Niveau supérieur = phase mixte à Feuillus et Conifères (III)

Mais, dans cette série sporo-pollinique fragmentaire, il est difficile d'attribuer à ces phases une signification climatique précise, d'autant plus que la succession chronologique des dépôts des niveaux moyen et supérieur ne peut être établie avec certitude.

II - SERIE DE QUEUREUILH.

1) Localisation des échantillons (carte 6).

Les prélèvements sont dispersés géographiquement. Dans le compartiment effondré à l'W de la faille hydrothermale du Mont-Dore, ils ont été faits le long de la route de Guéry (G 1) et Latour d'Auvergne (L 3-2-1, L D-E-F-G). A l'E, dans le compartiment surélevé, les prélèvements se situent également le long de la route de Guéry (G8B-10 A) et dans le ravin de Queureuilh, *au-dessus* de la cascade SCQ2-4).

L'échantillonnage a été effectué sur toute l'épaisseur visible du dépôt entre 1 060 et 1 160 m, exclusivement dans les cinérites fines ⁽¹⁾.

2) Caractéristiques sporo-polliniques (diagrammes XVII, XVIII, XIX, XX).

Cette formation, à la différence des séries précédentes, présente une *homogénéité de composition pollinique*.

Les caractéristiques essentielles de la sylve sont les suivantes (diagrammes XVII et XVIII) :

- a) Elle est représentée principalement par le (ou les) Chêne de type atlantique et l'Orme. Ces essences ont des pourcentages sensiblement identiques qui subissent les mêmes variations, d'une façon seulement un peu plus accusée chez la première que chez la seconde. Le Tilleul *présent dans tous les niveaux* est en pourcentages toujours faibles, mais ceci est général dans la représentation pollinique de cette association végétale, du moins en tourbière.
- b) L'Aulne est le plus abondant des Feuillus mais aussi celui qui présente les variations de pourcentages les plus accusées, puisqu'elles vont de 4,4 à 50 % et évoluent en sens inverse de la Chênaie mixte. Cette essence qui croît dans des lieux humides et marécageux, en bordure de rivières ou de lacs, a une valeur climatique propre souvent difficile à estimer.

(1) Les premières études de Diatomées (Z. REHAKOVA) qui feront l'objet d'une publication ultérieure, ont montré des associations diatomiques semblables dans les niveaux : L2, L1, LD, LE, G1 et SCQ2.

c) Le Coudrier est présent dans tous les niveaux et mieux représenté que dans les autres séries (particulièrement abondant dans le niveau inférieur de 1 060 m où il atteint 32 %). Contrairement à l'Aulne, il évolue parallèlement à la Chênaie.

Parmi les autres essences, le Bouleau a une représentation modeste et ne dépasse pas 9 %. Il suit les variations de l'Aulne, mais avec des écarts plus faibles. Il se développe lorsque les herbacées s'accroissent (Filicales exceptées). *Fagus*, *Acer* et *Salix* sont très sporadiques et en pourcentages très faibles.

Les Conifères groupent : le Pin t. sylvestre (avec des fréquences maximales de 16 %), le Sapin, qui montre un brusque accroissement à partir de 1 140 m et l'Épicéa, à représentation plus variable mais en général légèrement plus forte que celle du Pin.

Enfin, les reliques tertiaires sont absentes et les formes de transition telles que *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Ostrya*, *Pinus t. haploxyylon*, etc... sont très sporadiques et ne dépassent pas 2,4 %.

Les spores monolètes de Pteridophytes sont très abondantes (diagrammes XVII, XVIII, XIX). A l'exception de l'horizon inférieur (G 1), leurs fréquences ne descendent pas en-dessous de 41 % de AP (ou 23 % de AP+NAP) et atteignent 1 281 % de AP (ou 92 % de AP+NAP) à 1 160 m (G10A). Leurs proportions varient suivant les niveaux et sensiblement comme celles de l'Aulne.

Quelle importance doit-on accorder aux variations de représentation de ces Fougères ? Sont-elles la conséquence d'une évolution climatique générale ou bien dues à des conditions locales de dépôts ?

M. M. PAQUEREAU (1960) a mis en valeur l'importance climatique et paléoclimatique représentée par les différentes espèces de Fougères et par conséquent l'intérêt stratigraphique qu'elles comportent. Malheureusement, il n'a pas été possible (les spores étant réduites à leur endospore) de faire une détermination spécifique ou générique.

Cependant, un rapprochement peut être fait sur les variations des éléments polliniques entre les gisements du Gulp en Gironde et ceux du Mont-Dore (exception faite pour le Pin, dont le comportement dans notre région est indépendant de celui des autres éléments du spectre. En effet, M. M. PAQUEREAU (*ibid.*) souligne que l'Aulne se développe quand la Chênaie et le Coudrier régressent, en même temps que les herbacées s'accroissent. De plus, parmi les herbacées, les espèces de Pteridophytes "liées au sous-bois forestier diminuent en même temps que les Feuillus ; au contraire, les espèces à caractères froids... se développent" (in M. M. PAQUEREAU, *ibid.*, p. 144). Or, au Mont-Dore, le pourcentage des Filicales varie à l'inverse de celui des Feuillus. S'agirait-il de Fougères aux exigences climatiques particulières qui se développeraient au cours des périodes de refroidissement momentané ? Il n'est pas possible de l'affirmer à partir de résultats polliniques réalisés sur des affleurements et qui n'offrent pas par conséquent une série continue comme un sondage.

Un autre argument, par contre, peut être retenu avec plus de vraisemblance pour expliquer les variations des pourcentages des Fougères : c'est la distance de leur zone de croissance en bordure du lac, au lieu de dépôt de leurs spores dans les sédiments lacustres. En effet, les cinérites du niveau inférieur *G1* sont situées dans la partie la plus centrale du lac : ce sont les dépôts les plus pauvres en spores de Filicales avec seulement 7,3 % (diagramme XVII). Par contre, les sédiments situés sur ses bordures / le ravin de Queureuilh, à l'E (diagramme XVIII), les niveaux *LD-E-F-G* à l'W (diagramme XVII), offrent des pourcentages beaucoup plus forts. Ces

constatations posent le problème très important, pour l'interprétation floristique des diagrammes, du *transport et de la répartition des pollens ou spores de plantes de bordure du lac dans le milieu de dépôt.*

Les herbacées étant moins représentées que les Pteridophytes, elles ont une importance secondaire. Cependant, parmi elles, dominent les Graminées dont les pourcentages s'accroissent dans la partie supérieure de la série à partir de 1 140 m (diagramme XVIII).

Les autres herbacées varient parallèlement aux Graminées et groupent les familles suivantes :

- assez régulièrement représentées : Composées Tubuliflores et Liguliflores, Ombellifères, Chenopodiacees, Ericacees.
- plus rarement représentées : Cyperacees, Caryophyllacees, Sparganiacees, Typhacees.

En résumé, les particularités qui font l'originalité de la composition végétale de cette série et qui la distinguent des précédentes, sont les suivantes :

- absence des types tertiaires et rareté des types de transition.
- grand développement du Chêne (dans la partie inférieure de la série), de l'Orme et de l'Aulne (dans la partie supérieure).
- présence beaucoup plus marquée du Coudrier et du Tilleul.
- abondance des Pteridophytes (dont l'origine ne peut être expliquée pour les raisons que nous venons d'évoquer).

Deux phases distinctes de végétation sylvatique se succèdent (diagramme XX).

- une phase à Chênaie mixte dominante (I)
- une phase à Chênaie mixte et Aulne (II), avec un accroissement des Conifères dans la partie terminale.

3) Problème de détermination des Conifères.

a) Keteleeria.

Les cinérites du ravin de Queureuilh ont déjà fait l'objet précédemment d'une analyse pollinique (F. MANHES, J. SAUVAGE, 1969). D'après la coupe fournie par ces Auteurs, nos échantillons analysés SCQ2 et SCQ4 correspondent aux niveaux où sont mentionnés respectivement leurs échantillons : G6-G9 et G10.

Les Auteurs relèvent en particulier, un pourcentage non négligeable de *Keteleeria* (pouvant atteindre 10,7 %).

Le pollen de ce Conifère est très voisin de celui d'*Abies*, par la taille et le contour et en diffère surtout par une calotte moins épaisse (3-4 μ) (M. VAN CAMPO, 1950 et D.K. FERGUSON, 1967, p. 83) et par une position ventrale des ballonnets sur un corps du grain moins rapidement rétréci vers la calotte (voir figure 43 in G. ERDTMAN, 1957).

Nous n'avons rencontré aucun grain qui correspond exactement à cette diagnose et qui peut par conséquent être rapporté à ce genre, avec certitude. La même remarque peut être faite pour les échantillons de cinérite prélevés en bordure de la route à 1 140 m : (G 8B) et 1 160 m : (G 10A). Tous les Conifères ailés rencontrés se rapportent aux trois essences principales : *Pinus*, *Abies*, *Picea*.

D'autre part, D.K. FERGUSON (ibid.) essayant de retracer la phytogéographie de ce Conifère en se basant sur des diagnoses accompagnées de figures, note : "All the published Tertiary records which appear to be authentic (FIRTION, 1958, p. 275, pl. 6, fig. 6; OSZAST, 1960, p. 16, pl. 6, fig. 5; Mai 1964, p. 12, pl. 1, fig. 18) are from the Miocene".

b) Picea.

Il semble, à la suite d'une étude détaillée aimablement entreprise par A. PONS sur l'échantillon G1, qu'associée à l'espèce *Picea excelsa*, existait une autre espèce qui aurait des affinités à la fois avec *P. morinda* (mais avec un corps du grain plus nettement allongé) et *P. pungens* (cependant avec des ballonnets plus profonds). Peut-être s'agirait-il d'un taxon fossile ?

4) Cadre géographique, paysage végétal et conditions climatiques au cours du dépôt de la série de Queureuilh.

Le massif du Sancy déjà édifié en partie à cette époque, constituait un rempart, au pied duquel s'étendait un lac. Dans ce lac, s'est déposée la série de Queureuilh. A l'E, dominait le horst granitique de la Croix Morand en voie de surrection et qui n'était pas encore recouvert par les projections du Massif adventif. Au N, l'horizon était barré par les premiers reliefs du massif volcanique de la Banne d'Ordanche.

Cet ancien lac était donc relativement encaissé et protégé, semble-t-il, par les sommets qui l'entouraient contre toute venue lointaine de poussières polliniques. En emprisonnant seulement les pollens des végétaux environnants, il a pu ainsi enregistrer une image quelque peu déformée, certes, mais fidèle de la végétation des divers étages du massif montagneux du Mont-Dore, à cette époque.

La végétation sylvatique était largement représentée, composée de Conifères et de Feuillus. Les abords immédiats du lac plus ou moins dégagés, les berges des ruisseaux ou les clairières marécageuses étaient recouverts de Fougères.

Sur les bas versants bien exposés des vallées, se développaient en abondance les Feuillus. Les Aulnes colonisaient les lieux les plus humides, les bordures de rivières, tandis qu'en altitude les

pententes verdoyantes se couvraient de Conifères. Les forêts étaient denses et les espaces découverts relativement restreints.

Que signifie une telle végétation du point de vue climatique ? Un climat *tempéré, humide, à faible écart de température*, de type océanique, devait parfaitement convenir au développement de la Chênaie mixte et des autres Feuillus.

Le Hêtre rare à cette époque, est aujourd'hui abondamment répandu en larges hêtraies entre 800 à 1 500 m environ et qui sont mélangées aux sapinières jusqu'à la limite de l'étage subalpin. Ce grand développement du Hêtre, dû à une préférence pour une atmosphère humide, l'abondance également du Sapin, autre essence montagnarde et le morcellement de la Chênaie mixte témoigneraient peut-être actuellement *d'un climat plus humide mais aussi plus rude*, tout au moins durant la période hivernale.

III - COMPLEXE VOLCANIQUE SURMONTANT LA SÉRIE DE QUEUREUILH.

Ce complexe vient se terminer en biseau entre la série de Queureuilh qu'il ravine et la série de la Tache qui le recouvre.

Un seul échantillon a fourni un spectre pollinique. Il s'agit de tufs ligniteux $\underline{G3A}$, carte 6 et diagrammes XVIII, XIX, $\underline{XX}$.

Dans l'échelle stratigraphique, la position exacte de ces tufs par rapport aux différents niveaux cinéritiques de la série de Queureuilh est hypothétique : ces tufs sont antérieurs au niveau cinéritique de 1 140 m ($G8B$), dans l'hypothèse où celui-ci est subcontemporain des lahars qui le surmontent. Ceux-ci en effet, sont plus récents que les tufs ligniteux dont ils sont séparés dans le temps et dans l'espace par une coulée d'andésite (affl. 3, voir figure 14).

Du point de vue pollinique, ce niveau G3A diffère des niveaux qui l'encadrent par plusieurs caractères. La Chênaie mixte est encore présente mais sans Tilleul. Par contre, le Pin et le Bouleau sont plus abondants et les Conifères moins développés (diagramme XVIII). Les Pteridophytes sont absentes et les Graminées atteignent 52 % (diagramme XVIII).

L'augmentation des herbacées et du Bouleau semble montrer une extension des espaces découverts. Mais, il n'est pas possible, sur un seul spectre, de savoir si cette modification du paysage végétal est due à une légère offensive du froid au cours de cette période au climat relativement tempéré. Ce phénomène, en effet, a été enregistré dans l'interglaciaire waalien des Pays-Bas (Velduizen, DOPPERT et ZONNEVELD, 1955 et Zaltbommel, W.H. ZAGWIJN, 1960) dont nous établirons plus loin, dans l'échelle de la stratigraphie palynologique, l'équivalence avec nos dépôts montdoriens.

IV - SERIE DE LA TACHE.

Ce sont les tufs détritiques du niveau inférieur de la série de la Tache qui ont fait l'objet d'analyses polliniques. D'une manière générale, ces tufs ne représentent pas un matériel favorable à la concentration et à la conservation des pollens. En effet, malgré la multiplicité des analyses (au nombre de 50), les données polliniques sont très fragmentaires. Elles ne peuvent à elles seules fournir un argument décisif pour dater la série de la Tache et caractériser les conditions climatiques qui régnaient au cours de sa mise en place.

1) Localisation des échantillons (carte 6).

Les échantillons ont été prélevés en bordure de la route de Guéry /XXIV-B (point 1 176), XII, XIII, XIV, G 177, "dans un petit

ruisseau, sur le côté gauche de la cascade du Saut du Loup" (SL) ⁽¹⁾,
enfin dans un ravin sur la rive gauche du ruisseau de la Chaneau-
Croix Morand (CH10) ⁽¹⁾.

Nous avons intégré également dans ce diagramme les sédiments
de l'affleurement 12 (voir figure 14) dans l'hypothèse où ceux-ci ap-
partiendraient à la série de la Tache ⁽²⁾.

2) Caractéristiques sporo-polliniques.

- Les types de transition sont rares (diagramme XXII).
- Les formes arborescentes sont dominées par le Pin qui
entre en concurrence avec le Hêtre et le Bouleau. Ces
essences constituent le fond de la végétation forestière
(diagramme XXI). La végétation herbacée dominée par les
Graminées est localement assez développée ce qui laisse
supposer l'existence d'espaces découverts assez étendus ⁽³⁾
(diagramme XXI).

On voit ainsi que cette série diffère de la précédente,

- du point de vue sylvatique par :
 - . la réduction ou la disparition de la Chênaie mixte,
 - . l'accroissement du Pin, seul ou associé au Bouleau ou au
Hêtre,
- du point de vue herbacé, par l'accroissement des Graminées.

(1) Echantillons prélevés par F. MANHES.

(2) Les sédiments ayant moulé une ancienne topographie sur un substratum instable soumis à des déformations, il est impossible de reconnaître l'ordre chronologique de leur dépôt. Par conséquent, le classement des échantillons est en partie arbitraire.

(3) Dans les échantillons de tufs détritiques qui n'ont pas fourni de spectre, les végétaux les plus fréquents sont : le Pin, le Hêtre, le Bouleau ou les Graminées.

Une telle évolution de la végétation doit être considérée comme un *indice de refroidissement climatique* précédant l'arrivée du glacier, dont les alluvions morainiques constitueront la partie terminale de la série de la Tache.

3) Morphologie pollinique de quelques genres.

Carya.

Ce genre a été trouvé exclusivement dans le niveau XXIV-B. Les grains sont toujours de petite taille (30-32 μ) avec des pores quasi-équatoriaux.

Keteleeria.

Ce Conifère a été trouvé avec des fréquences de 3 à 8 % dans des lignites [56 A-57 A (F. MANHES, J. SAUVAGE, 1969)] correspondant à notre niveau XXIV-B. Les remarques déjà faites sur ce genre, à propos de la série de Queureuilh, s'appliquent également ici : aucun grain ne peut être rapporté avec certitude à *Keteleeria*.

Pinus sp.

Parmi les Pins, coexistent l'espèce *silvestris* et une espèce indéterminée, dont voici la diagnose :

Corps	- subsphérique à ellipsoïde allongé, T = 90-110 μ , calotte lisse, de type 2 (alvéoles souvent ouvertes) et de 2,6 à 3 μ , crêtes proximales existantes mais peu prononcées, - rebord de la zone germinale visible.
	- P = 44 μ , dimension supérieure à celle de la moitié du corps, non emboîtants à attache étroite, - type 3 quelquefois 2.

Cette espèce de Pin n'a été rencontrée dans aucun autre niveau du Plio-Villafranchien du Mont-Dore.

Par les crêtes proximales, même peu prononcées et par la dimension des grains, ceux-ci ne peuvent pas appartenir à *Keteleeria* (d'après la diagnose de G. ERDTMAN).

T R O I S I E M E C H A P I T R E
=====

MASSIF DU SANCY

Le massif du Sancy est un ensemble complexe de coulées, brèches, nuées ardentes et dykes, émis par plusieurs Puys (Sancy, Cacadogne, Clierque, Roc de Cuzeau, etc...) depuis une période relativement ancienne (Pliocène ou Mio-Pliocène ?) et jusqu'à une période assez avancée du Quaternaire. Il limite la partie sud-orientale de la fosse d'effondrement et c'est sur son emplacement que se recoupent les failles N-S de la bordure orientale (A, etc..., voir figure 3) et celles SE-NW (B et C) jalonnées de dykes. Ce massif atteignait primitivement 2 500 m (Ph. GLANGEAUD, 1918). Sa base est actuellement difficilement observable, probablement enfouie sous des formations plus récentes dans la fosse d'effondrement (L. GLANGEAUD, R. LETOLLE, 1962).

I - PALYNOLOGIE (diagrammes II, III et VI).

Du point de vue palynologique, malgré la multiplicité des analyses, nous ne possédons malheureusement que des données fragmentaires sur la composition végétale des dépôts actuellement visibles.

Deux échantillons seulement dans des cinérites et sables cinéritiques du Val de Courre vers 1 550 m (VC 4-7) ont fourni des spectres comprenant, en majorité, des Conifères (Pin) et des Graminées,

associées accessoirement à des Armoises ⁽¹⁾ (diagramme VI).

Dans les Edembouches, comme dans le ravin de la Cascade de la Dore, il semble que les pollens les plus fréquemment représentés, appartiennent également aux Pins et aux Graminées.

Dans les Egravats, un dépôt diatomifère et ligniteux situé entre 1 316 et 1 342 m a été rapporté primitivement au Pliocène inférieur par A. LAUBY (d'après l'étude des Diatomées) et au Pliocène moyen par L. GLANGEAUD (1939). Depuis, des analyses polliniques ont été effectuées sur le lignite (G. et C. DUBOIS, F. FIRTION, 1945), mais les Auteurs ne précisent pas son âge. Le spectre qu'ils donnent [*Alnus* type *glutinosa* 55 %, *Pinus* ("grande taille") 29 %, *Tilia* ("grands pollens") 9 %, *Abies* 3 %] ne peut être utilisable dans l'optique de notre étude palynologique, malgré certaines convergences avec les dépôts de Queureuilh (abondance de l'Aulne, présence du Tilleul et restes de sporanges et spores de Fougères).

En résumé, les formations du Sancy ne peuvent donc être datées par les méthodes de la pollenanalyse. N'ayant aucune donnée géochimique, leurs corrélations avec les autres niveaux connus sont par conséquent actuellement difficiles à établir sur les seuls critères que nous possédons : ceux du paléomagnétisme.

II - MINEREAUX LOURDS (carte 4 et figure 24).

Les renseignements que nous apporte l'étude des minéraux

=====

(1) Les spectres ont été groupés avec le diagramme de la série de Vendéix, bien que du point de vue chronologique, ils ne soient pas à inclure dans cette série.

lourds, effectuée sur des projections dans les ravins des Egravats (Egr 1-4-5-6), des Edembouches (Ed 1-6B-5), de la Cascade de la Dore (CD1-9) et du Val de Courre (VC2B-6-5A) entre 1 230 et 1 600 m, semblent donner à ces dépôts *un âge plus récent que prétiglien*. En effet, excepté les niveaux de la Cascade de la Dore (riches en *zircon + anatase*, sans *sphène*), le cortège minéralogique est caractérisé par une *dominante de pyroxène monoclinique*. Ce minéral est accompagné en proportions variables suivant les niveaux considérés, d'*amphibole* et de *sphène* et accessoirement de *zircon* ou d'*hypersthène*. Cette association correspond au "type hybride" ou "mixte". Elle confirmerait l'enfouissement dans la partie sud-orientale de la fosse, des sédiments plio-prétigliens de "type rhyolitique" et constituant la base du massif.

F I G U R E 24
=====

DIAGRAMME DE REPARTITION MINERALOGIQUE DE LA SERIE DU SANCY

Pour la localisation des échantillons, voir carte 4

1 = VC5A, 2 = VC6, 3 = VC2B, 4 = CD1, 5 = CD9, 6 = Ed5,
7 = Ed6B, 8 = Ed6B, 9 = Ed1, 10 = Egr6, 11 = Egr5, 12 = Egr4,
13 = Egr4, 14 = Egr1.

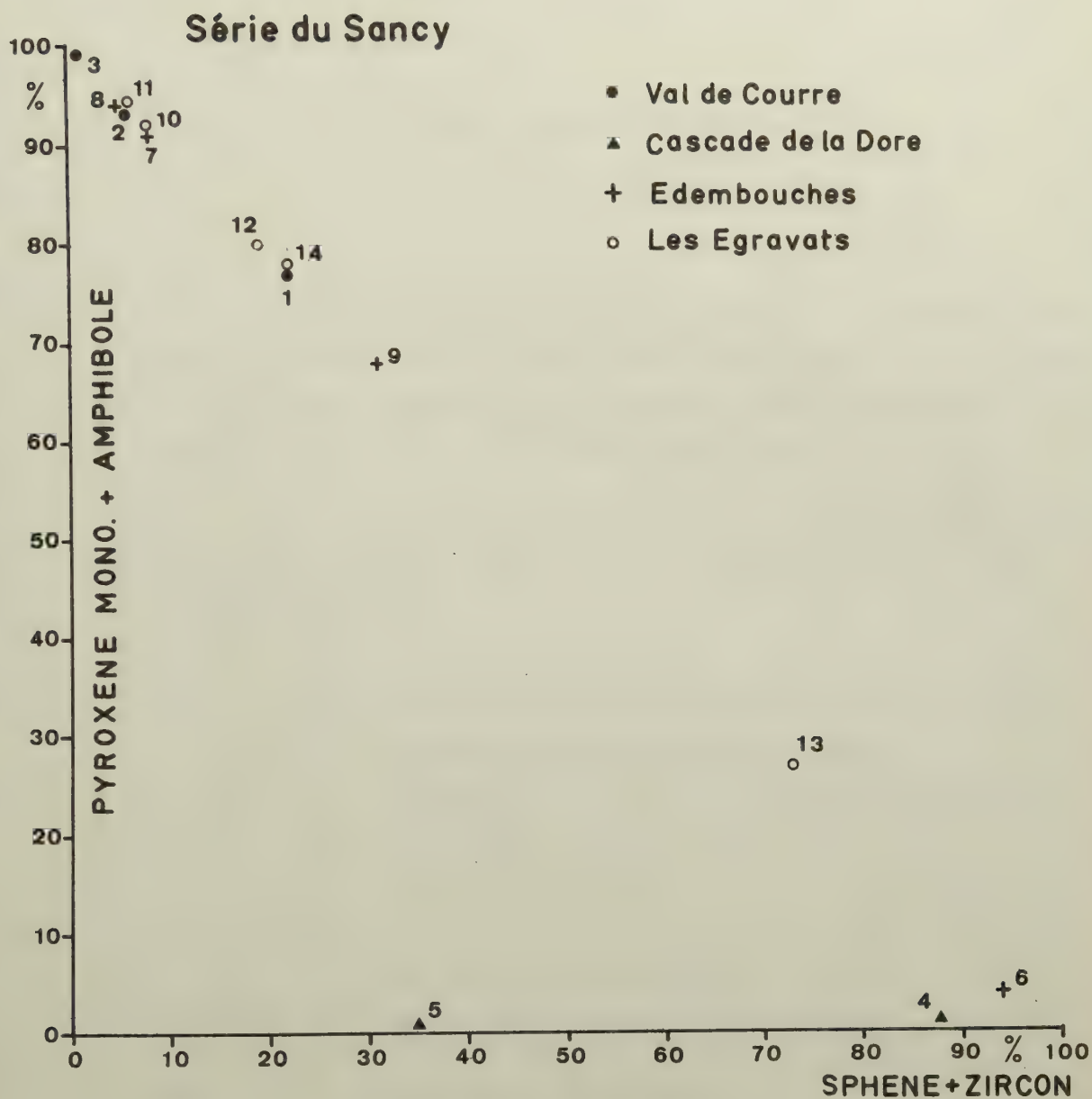


Figure 24 : Diagramme de répartition minéralogique des formations du Sancy.

Q U A T R I E M E C H A P I T R E

AGE RELATIF DES DIFFERENTES SERIES

D'APRES LES DONNEES POLLINIQUES

a) La fréquence des types de transition relativement marquée à la base de la série inférieure du Rossignolet, puis discrète par la suite, suggère que *ce complexe débute au Tiglien et se poursuit au cours du Villafranchien supérieur.*

b) L'analyse palynologique de cet ensemble reflète une succession de types de végétation distincts qui, résumés, sont les suivants :

Rossignolet	-	- végétation de type archaïque avec un pourcentage non négligeable de genres exotiques,
	-	- végétation de Conifères (Pin) ou végétation mixte de Conifères et Feuillus.
Queureuilh	-	- végétation de Feuillus,
	-	- végétation de Feuillus et Conifères;
Tache	-	- végétation de Conifères.

Une telle succession implique des séquences climatiques distinctes, à savoir : *une période d'amélioration climatique* ⁽¹⁾

(1) Voir définition p. 29.

au cours de l'épisode de Queureuilh, comprise entre deux périodes de dégradation climatique ⁽¹⁾. L'une, mal caractérisée du point de vue pollinique, correspond à la partie supérieure de la série du Rossignolet, faisant suite à l'épisode terminal tiglien enregistré à la base de cette série. L'autre, à caractère plus marqué du point de vue floristique et lithologique, correspond aux formations de la Tache.

L'ensemble de ces critères palynologiques nous amène à établir dans l'échelle de la stratigraphie palynologique les correspondances suivantes :

Série de la Tache	Gunz II = Ménapien
Série de Queureuilh	Gunz I-II = Waalien
(+ complexe volcanique)	
Série du Rossignolet ⁽²⁾	Gunz I = Eburonien Tiglien terminal

(1) Voir note infra-paginale précédente.

(2) A la base de la série, le niveau RG7, très riche en Conifères (voir diagramme XIV), se situe altimétriquement sous les dépôts du Tiglien terminal, mais il n'est pas possible de savoir s'il leur est antérieur ou postérieur. Dans le premier cas, ce niveau pourrait être rapporté au Prétiglien, seul témoin de dépôts de cet âge reconnus dans ce secteur. Il y aurait par conséquent une lacune d'un Tiglien typique. Dans le deuxième cas, ce niveau serait emboîté dans la formation du Rossignolet et serait par conséquent post-tiglien - éburonien.

C I N Q U I E M E C H A P I T R E

=====

COMPARAISON DE LA FLORE DU VILLAFRANCHIEN SUPERIEUR

ET DU TIGLIEN TERMINAL DU MONT-DORE

AVEC CELLE D'AUTRES REGIONS DE FRANCE ET D'EUROPE

I - VILLAFRANCHIEN SUPERIEUR.

La comparaison portera surtout sur les périodes interglaciaires, qui correspondent au maximum de développement végétal d'une région.

A - PAYS-BAS.

Le Villafranchien supérieur des Pays-Bas (Eburonien-Waalien-Ménapien) est représenté par la "Kedichem Formation", recoupée par plusieurs sondages (Veghel, Veldhuizen, Zaltbommel, Herten et Meinweg).

Eburonien - Période glaciaire caractérisée par des fréquences d'herbacées assez élevées et par l'absence ou la rareté d'arbres "thermophiles".

Waalien - De tous les niveaux du Villafranchien, c'est l'interglaciaire qui présente les plus fortes proportions d'Aulne.

Cet horizon comporte presque toujours un certain pourcentage de formes de transition

(*Carya*, *Pterocarya*, *Eucommia*, *Ostrya*, *Tsuga*), atteignant 10 % dans certains sondages (Zaltbommel, Veghel). Ces formes sont toujours accompagnées de Chênaie mixte.

Ménapien - Période glaciaire riche en herbacées en Pin et en Bouleau, sans formes de transition, à l'image du glaciaire éburonien précédent.

Cette succession végétale est assez voisine de celle enregistrée dans les séries du Rossignolet (partie supérieure), de Queureuilh et de la Tache. Toutefois, en ce qui concerne la série de Queureuilh, il faut noter que c'est la seule à avoir des pourcentages d'Aulne aussi élevés. Ce trait constitue une ressemblance frappante avec les dépôts waaliens des Pays-Bas, mais quelle importance stratigraphique doit-on accorder à cette essence, dont le développement est peut-être soumis plus à des exigences édaphiques locales qu'à des conditions climatiques générales.

Par contre, la série montdorienne s'oppose aux dépôts néerlandais par la *rareté* ou *l'absence* des types de transition. Il est possible qu'à cause de l'altitude des sommets environnants, le réchauffement au cours de cet interstadiaire n'ait pas été suffisant pour "relancer" le développement des essences exotiques chassées provisoirement de la région par la période de refroidissement précédente. Ce refroidissement, par ailleurs, a pu être suffisamment prononcé pour les chasser définitivement.

B - ITALIE.

Les premiers résultats de l'étude du puits de San Lucio

mirent en évidence une période couvrant le Gunz I-II, le Gunz II et le Gunz II-III ⁽¹⁾, dominée essentiellement par le Carietum (atteignant 50 %) qui est associé localement au Cèdre, à la Chêne mixte ou aux Conifères. Cette période est encadrée par les deux glaciaires du Gunz I et Gunz III, riches en Conifères (Pin + Epicea) associés à *Betula* dans le premier et à *Tsuga* dans le second.

L'analyse ultérieure d'une autre série de ce même ensemble lacustre par F. LONA et M. FOLLIERI (1957) a fourni les résultats suivants :

Gunz I-III : Alternance du Carietum (13 à 63 %) et du Quercetum (jusqu'à 60 %), associés à du Pin ou à du Bouleau.

Gunz III : Conifères (*Pinus* + *Picea*).

Si l'on exclut le Cèdre, dont la présence peut s'expliquer par la position méridionale du gisement, la végétation du Villafran- chien du bassin de Leffe, comme celle des Pays-Bas, diffère essentiel- lement de celle du Mont-Dore par la réapparition marquée du groupe de transition.

A cet égard, il est intéressant de noter que la composition végétale de la série de Queureuilh (excepté les niveaux supérieurs) est beaucoup plus proche des flores cromériennes que des flores waa- liennes connues dans d'autres régions d'Europe septentrionale. C'est

=====

(1) Voir note infra-paginale p. 93.

pour cette raison que nous l'avions placée, initialement et à titre d'hypothèse, dans cet interglaciaire du Gunz-Mindel en attendant d'avoir des données géochronologiques.

En effet : prépondérance de l'Aulne - forte représentation de la Chênaie mixte - présence marquée du Coudrier et localement de l'Epicea - faible représentation du Pin et du Sapin - présence discrète du Bouleau - rareté des types de transition, sont autant de caractères qui pourraient faire assimiler cette flore à celle du Cromérien du Cromer forest-bed en Angleterre (S. DUIGAN, 1963), de Westerhoven (Sterksel Formation) aux Pays-Bas (W.H. ZAGWIJN et J.I.S. ZONNEVELD, 1956), de Bihshaussen (G. Von LUTTIG et U. REIN, 1954) ou de Neuenförde en Allemagne (W. SELLE, 1958).

Les seules différences essentielles résident dans le fait que dans ces diverses régions, le Sapin reste toujours très effacé et les Juglandacées exotiques sont absentes.

C - FRANCE.

1) Senèze (H. ELHAI).

Le niveau SII du sondage, assimilé à l'Eburonien donc équivalent à la série du Rossignolet, est caractérisé par une très forte prédominance de Pin associé à des herbacées et par l'extrême rareté des "Thermophiles" exotiques.

Les oscillations répétées de l'unité biostratigraphique S I, équivalente au Waalien et par conséquent à la série de Queureuilh, sont représentées par des végétations de climat tempéré-humide alternant avec des végétations de climat froid.

Le premier type de végétation comporte 25 à 75 % de "Thermophiles" exotiques et européens. Parmi les Feuillus indiqués, le Chêne est dominant et les types de transition sont principalement

représentés par *Eucommia*, dont les fréquences peuvent dépasser 10 %.

Le second type de végétation est dominé par le Pin et les herbacées (Graminées et Armoises).

A Senèze, si la représentation du Pin au cours des épisodes tempérés-humides est sensiblement la même que dans la série de Queureuilh, par contre, plusieurs différences se dégagent :

- Chênaie mixte plus développée,
- Présence beaucoup plus marquée du Charme (pouvant dépasser 20 %),
- Persistance affirmée d'*Eucommia*,
- Présence de *Tsuga*, mais sporadique.

2) Velay (P. BOUT, F. FLORSCHUTZ).

Nous avons vu que le sommet du deuxième remblaiement à Saint-Vidal pouvait être rattaché au Gunz (p. 95). Dans l'optique de notre travail, nous pouvons essayer de préciser l'équivalence des oscillations climatiques du Velay avec celles des Pays-Bas, en gardant une certaine prudence étant donné l'espacement de l'échantillonnage.

- niveau supérieur de C (9-11) groupant plus de 80 % ⁽¹⁾ de Conifères (Pin + *Epicea*) : *Eburonien*.
- niveau B, avec un développement marqué des Feuillus "thermophiles" européens et le plus fort pourcentage de Chênaie mixte enregistré dans les diagrammes (20 à 30 %, *Quercus* dominant) : *Waalien*.
- niveau A (1 échantillon), avec une recrudescence des forêts de Pin : *Ménapien*.

=====

(1) Pourcentages approximatifs tirés des diagrammes publiés (in P. BOUT, 1960).

Plus précisément, au cours du Waalien, les proportions relatives des différents constituants sont assez voisines de celles de la série montdorienne. Toutefois, une différence subsiste dans la fréquence plus forte du genre *Carya* qui peut atteindre 8 % dans les dépôts vellaves.

En conclusion générale à cette étude comparative, la végétation de l'interglaciaire waalien montdorien est beaucoup plus proche de celle du Velay que des autres flores inter-gunziennes actuellement connues du Massif Central ou d'Europe. Cependant, le caractère essentiel qui la distingue de toutes les flores que nous venons d'énumérer, aussi bien celles du Massif Central que d'Europe, est sa pauvreté en essences exotiques qui la fait s'assimiler étroitement aux flores cromériennes d'Europe septentrionale. Ce fait important, qui constitue le trait original de la végétation montdorienne, montre que celle-ci, placée dans un contexte montagneux, a subi un appauvrissement plus précoce que dans les autres régions, où s'épanouissaient à la même époque une végétation encore relativement riche et variée.

II - TIGLIEN TERMINAL.

Nous avons vu que les caractéristiques polliniques de la base de la série du Rossignolet (phase I à *Tsuga*) nous l'avaient fait assimiler à la période terminale du Tiglien. En effet, ce niveau encore riche en essences exotiques, lui conférant un caractère d'ancienneté, diffère des dépôts tigliens typiques de la série de Chambon, par un accroissement de l'association *Tsuga* + *Eucommia*, une légère régression de *Pinus t. haploxylon* et l'absence de Hêtre.

Il est intéressant de remarquer que cette phase à *Tsuga*, qui précède le développement du Pin à l'épisode éburonien suivant, se retrouve également à la fin des épisodes tigliens de Sénèze (S IIIa) et de Saint-Vidal (1 à 5 du niveau C) où cette essence est accompagnée d'*Epicea* dans les deux cas. Dans ces trois régions,

Tsuga subit une poussée avant de se raréfier ou de disparaître au cours du Villafranchien supérieur après le premier refroidissement gunzien.

S I X I E M E C H A P I T R E

=====

RELATIONS PALYNOLOGIE - PALEOMAGNETISME - GEOCHRONOLOGIE

1) Critères stratigraphiques et palynologiques.

Stratigraphiquement, trois ensembles volcaniques et volcano-sédimentaires se succèdent sur la bordure orientale de la fosse d'effondrement. Les données polliniques nous ont permis d'établir leur équivalence avec les étages néerlandais suivants :

- | | |
|--|---|
| . Série de la Tache | = Gunz II ou Ménapien |
| . Série de Queureuilh
(+ complexe volcanique) | = Gunz I - II ou Waalien |
| . Série du Rossignolet | = Gunz I ou Eburonien
= Tiglien terminal |

2) Critères de paléomagnétisme et de géochronologie.

Des coulées intercalées dans les projections contenant des pollens servent de repères géochronologiques pour dater en âge absolu, *mais avec une certaine marge d'erreur*, l'ensemble de ces dépôts ⁽¹⁾. Ceux-ci, en effet, sont compris entre la coulée de labradorite du lac de Guéry et les émissions sancyitiques du Puy de la Tache.

=====

(1) Méthode $^{40}\text{K} / ^{40}\text{Ar}$

- a) Série du Rossignolet - série de Queureuilh - niveau inférieur de la série de la Tache (voir tableau h.t.).

La coulée de labradorite du lac de Guéry (G4, carte 3), à aimantation inverse, a été datée de 2,15 MA ($-0 + 0,5$) (L. GLANGEAUD, P. DUMESNIL, M. VIGNERON, 1965). Selon C. BOBIER, cette coulée se serait mise en place au Matuyama inférieur dans la haute vallée de Guéry creusée au cours de l'époque de Gilbert dans le substratum de la Banne d'Ordanche.

Dans notre échelle stratigraphique, cette coulée se serait épanchée au cours du Prétiglien, peut-être même plus précisément à la fin de cet épisode ou à l'épisode suivant du Tiglien. La palynologie ayant permis de rattacher la base de la série inférieure au Tiglien terminal, l'ensemble des séries est donc postérieur à la coulée de labradorite.

Au sommet, se trouve la coulée de doréite du plateau de l'Angle, qui recouvre le niveau inférieur de la série de la Tache. Cette coulée à aimantation normale a été datée de 1,6 MA $\pm$ 0,4 (R. LETOLLE ⁽¹⁾).

Donc, les projections et dépôts détritiques du Rossignolet, de Queureuilh et de la partie inférieure de la série de la Tache se sont déposés entre 2,15 MA ($-0 + 0,5$) et 1,6 MA $\pm$ 0,4. Par conséquent, dans le Mont-Dore, *la fin du Tiglien, l'Eburonien, le Waalien et la base du Ménapien se situeraient dans la partie moyenne de l'époque de Matuyama.*

=====

(1) *Travaux en cours.*

Un troisième repère géochronologique vient étayer cette hypothèse : il s'agit des trachyandésites injectées dans les cinérites de la partie supérieure de la série de Queureuilh. Les unes ont une aimantation normale, les autres inverses (41 et 42, carte 3). Ces dernières ont donné un âge de $1,6 \text{ MA} \pm 0,4$, c'est-à-dire identique à celui de la coulée de doréite du plateau de l'Angle qui leur est cependant postérieure. Selon C. BOBIER (1971), du point de vue du paléomagnétisme, cette coulée de doréite serait équivalente aux trachyandésites intrusives ainsi qu'à la coulée d'andésite positive de la route de Guéry (Affl. 3, figure 14) (40, carte 3).

Cet Auteur pense également que l'ensemble de ces coulées positives pourrait correspondre à l'un des épisodes de *Gilsa* et que l'andésite intrusive négative pourrait être rapportée plus précisément à la période inverse qui sépare les deux épisodes de *Gilsa*.

L'incertitude de mesure ne permet pas de séparer dans le temps des dépôts reconnus par ailleurs d'âge différent (par la stratigraphie et la palynologie). Mais leur identité en âge absolu confirme la mise en place dans des temps relativement rapprochés des dépôts de Queureuilh, du complexe volcanique qui les surmonte et des tufs détritiques de la partie inférieure de la formation de la Tache.

L'ensemble de ces résultats se trouve être confirmé et précisé par des données récentes de géochronologie et de paléomagnétisme sur le bassin de l'Allier en amont de Brioude (in P. BOUT, 1970). En effet, ces données permettent d'établir une correspondance remarquable dans l'échelle chronostratigraphique entre les gisements villafranchiens de Senèze et du Mont-Dore.

A Senèze, les dépôts tigliens SIII-IV-V, éburoniens SII et waaliens SI sont compris entre $1,8 \text{ MA}$ et $1,5 \text{ MA}$ ⁽¹⁾ (âge possible

(1) Marges d'erreur non précisées par les Auteurs.

attribué à la faune postérieure au remplissage lacustre).

Or, nous avons établi palynologiquement les équivalences entre SIII-IV-V - Chambon, SII - Rossignolet et SI - Queureuilh.

Il en résulte :

- d'une part que l'âge de $1,6 \text{ MA} \pm 0,4$ attribué à la série de Queureuilh se trouve confirmé (voir p. 188).
- d'autre part que la série du Rossignolet et peut-être la partie supérieure de la série de Chambon se situeraient plus précisément aux environs de $1,7 - 1,8 \text{ MA}$.

Les correspondances paléoclimatiques stratigraphiques, géochronologiques et paléomagnétiques entre ces deux régions sont représentées sur la figure 25.

b) Niveau supérieur de la série de la Tache.

Le niveau caillouteux, dont nous avons remarqué l'extension, est lui-même encadré par deux référentiels :

- à la base, on l'a vu, il repose sur les tufs détritiques du niveau inférieur de la série, eux-mêmes recouverts par la coulée de doréite du plateau de l'Angle de $1,6 \text{ MA} \pm 0,4$.
- au sommet, il est recouvert par les brèches ignimbrtiques et sancyites du Puy de la Tache. Or, ces émissions, ainsi que celles du Puy de la Croix Morand, seraient contemporaines des tufs sancyitiques de Champeix (P. BOUT, 1966) qui ont livré : *Elephas antiquus*, *Rhinoceros etruscus*, *Equus caballus* et *Cervus elaphus*.

De plus, ces tufs sont recouverts par un lambeau de coulée basaltique à paléomagnétisme positif (A. ROCHE, 1963), datée de $0,5 \text{ MA} \pm 0,1$ (P. BOUT, J. FRECHEN, H.J. LIPPOLT, 1966) et qui s'est donc épanchée au cours de l'époque de Bruhnes (in BOUT, 1969).

Par conséquent, le niveau supérieur de la Tache, *surface d'érosion - couverture morainique - paléosol* et une partie des projections du Massif adventif, situés dans un intervalle de temps compris entre $1,6 \text{ MA} \pm 0,4$ à $0,5 \text{ MA} \pm 0,1$, couvriraient à la fois la partie supérieure de l'époque de Matuyama et la partie inférieure de l'époque de Bruhnes.

Si l'on admet que le Pléistocène moyen débute avec l'apparition de *Elephas antiquus*, c'est au voisinage de la limite des deux périodes Matuyama-Bruhnes que se situerait le passage du Villafranchien supérieur au Pléistocène moyen (Cromérien à la base). L'âge absolu de cette limite n'est pas actuellement défini avec précision. Toutefois, les résultats auxquels nous sommes parvenus sont assez voisins de ceux fournis par J.F. EVERDEN, G.H. CURTIS, R. KISTLER (1957) aux Pays-Bas où cette limite serait plus ancienne que $0,4 \text{ MA}$ ⁽¹⁾ et également peu différents des mesures obtenues sur des sédiments marins par D.B. ERICSON, M. EWING et G. WOLLIN (1964) qui donnerait une limite se situant au voisinage de $1,38 \text{ MA}$ ⁽²⁾.

=====

(1) Des tufs volcaniques synchrones de la partie terminale des dépôts cromériens (Sterksel formation) ont été datés par la méthode K/Ar d'environ 370 000-400 000 ans BP (in W.H. ZAGWIJN, 1963).

(2) Un âge de 1,5 à 1,38 MA est attribué par ces Auteurs au Gunzien (Ménapien ?) (in H. WALTER et H. STRAKA, 1970, p. 142).

F I G U R E 25

=====

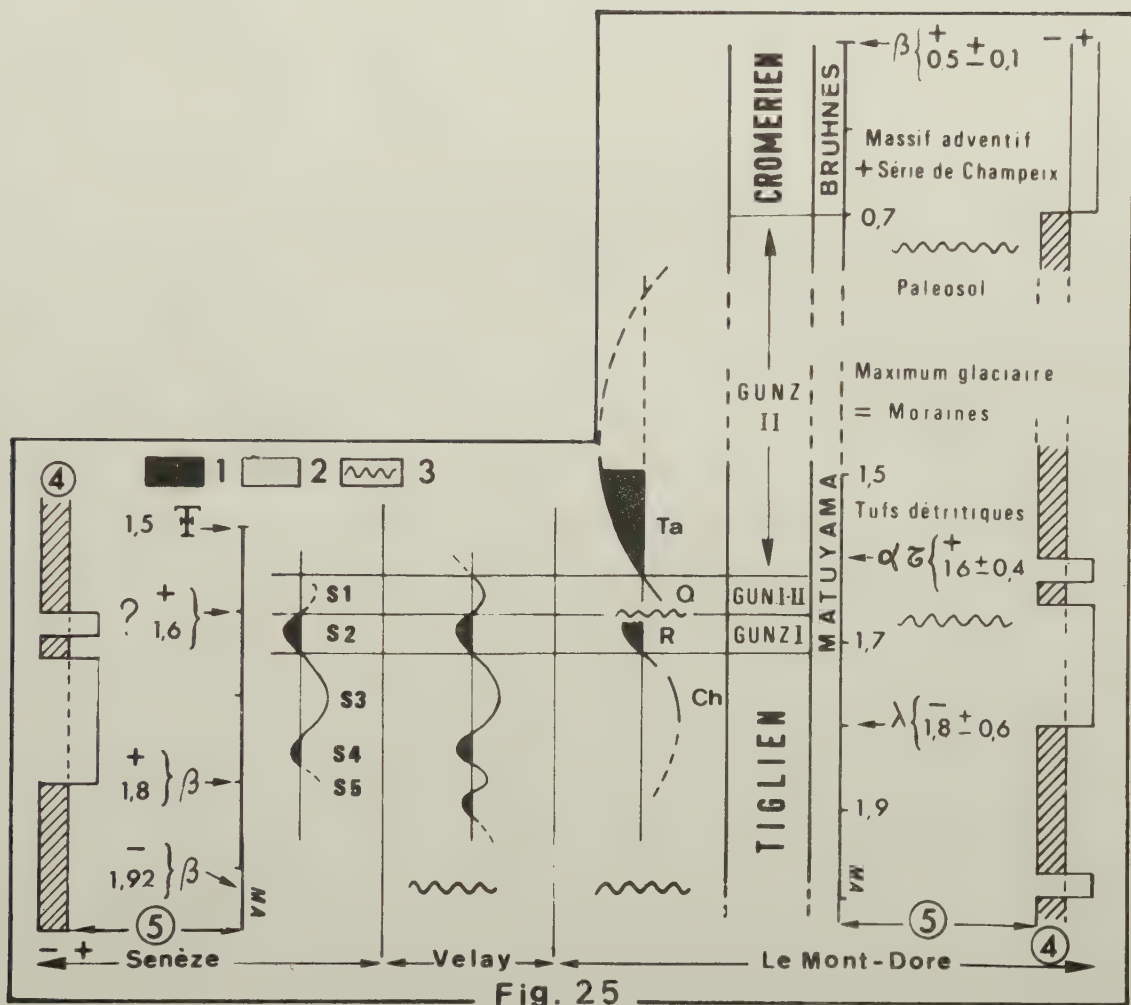
CORRESPONDANCES PALEOCLIMATIQUES, GEOCHRONOLOGIQUES

ET PALEOMAGNETIQUES DANS LE MASSIF CENTRAL

1 - Phase de dégradation climatique. 2 - Phase d'amélioration climatique. 3 - Période de creusement. 4 - Echelle de paléomagnétisme (A. COX, 1969), (+ : aimantation normale ; - : aimantation inverse). 5 - Formations géologiques, aimantation et âge des coulées en MA (10⁶ années) (β : basalte, $\alpha\tau$: doréite, λ : labradorite).

Nom des séries : Ch = Chambon, R = Rossignolet, Q = Queureuilh,
Ta = Tache.

S = Senézien.



Les tufs détritiques situés entre le sentier de la Clef du lac (km 6,8, voir figure 14) et le lac de Guéry, sont les seuls témoins de la série de Guéry définie par L. GLANGEAUD, P. DUMESNIL et M. VIGNERON, 1965 (voir p. 128). Ils sont encadrés par deux coulées de labradorite à aimantation inverse : l'inférieure (G4, carte 3) affleurant au point 1247, de 2,15 MA (- 0 + 0,5) et la supérieure (35, carte 3) reposant dans un vallon, datée de 1,8 MA $\pm$ 0,6 (L. GLANGEAUD, A. BRUN et C. BOBIER, 1969).

Etant donné la marge d'erreur, cette coulée supérieure peut être soit contemporaine de celle du plateau de l'Angle, soit un peu plus ancienne. Dans le premier cas, les dépôts détritiques seraient à rattacher au niveau inférieur de la série de la Tache. Dans le second, ils correspondraient au Gunzien I ou Eburonien. Le facies remanié du dépôt, les cailloutis qui y sont incorporés et les figures de cryoturbation seraient peut-être un indice de refroidissement du premier stade gunzien. Malheureusement, nous ne possédons sur ces sédiments aucune donnée pollinique.

C I N Q U I E M E P A R T I E

S Y N T H E S E S

I - GEOLOGIE DE LA FOSSE D'EFFONDREMENT (figure 26).

L'étude des pollens dans les diverses projections a permis :

- de préciser les contours géologiques des différentes formations représentées sur la carte géologique des environs de la Bourboule (L. GLANGEAUD, 1936, voir figure 7).
- de faire une stratigraphie fine dans les sédiments volcaniques et le volcano-sédimentaire affleurant sur la bordure orientale de la fosse, qui jusqu'ici n'avaient pas été séparés dans le temps ni dans l'espace.
- de mettre en évidence l'emboîtement de dépôts.
- de confirmer l'existence de failles supposées ou de déceler des failles secondaires locales.

Les relations étroites des données polliniques avec la tectonique et la paléomorphologie est un des traits marquant de cette étude. C'est ainsi que dans la région de la Bourboule, les données polliniques sont en accord, à la fois avec l'existence de la faille de Vendeix et un surcreusement des dépôts pliocènes au seuil du Quaternaire. Il en est de même dans le secteur du Mont-Dore - Queureuilh où les résultats polliniques ne trouvent une explication cohérente qu'en admettant le compartimentage des dépôts par fracture et emboîtement.

II - SYNTHESE PALEOMORPHOLOGIQUE ET RECONSTITUTION VOLCANOTECTONIQUE DU MASSIF VOLCANIQUE DU MONT-DORE ET DE SES BORDURES.

A la lumière des faits nouveaux apportés par des études variées, une reconstitution plus précise de l'histoire du massif du

F I G U R E 26

=====

CARTE GEOLOGIQUE DE LA FOSSE DE LA BOURBOULE - LE MONT-DORE

1 - Socle granitique. 2 - Pliocène. 3 - Prétiglien de "transition".
4 - Prétiglien. 5 - Gunz I (= Eburonien). 6 - Gunz I - II (= Waalien).
7 - Tufs détritiques du Gunz II (= Ménapien). 8 - Cailloutis morainiques du Gunz II. 9 - Massif adventif. 10 - Principales failles (voir figure 3).

Les coulées, necks ou dykes sont laissés en blanc. Leurs délimitations sont celles qui figurent sur la carte géologique de Clermont-Ferrand au 80 000e, 3ème édition.

ρ : rhyolite, ϕ : phonolite, τ : trachyte, $\tau\alpha$: sancyite, $\alpha\tau$: doréite, α : andésite, β : basalte, $\beta\omega$: basalte doléritique, ω : ordanchite, λ : labradorite, Sc : scories.

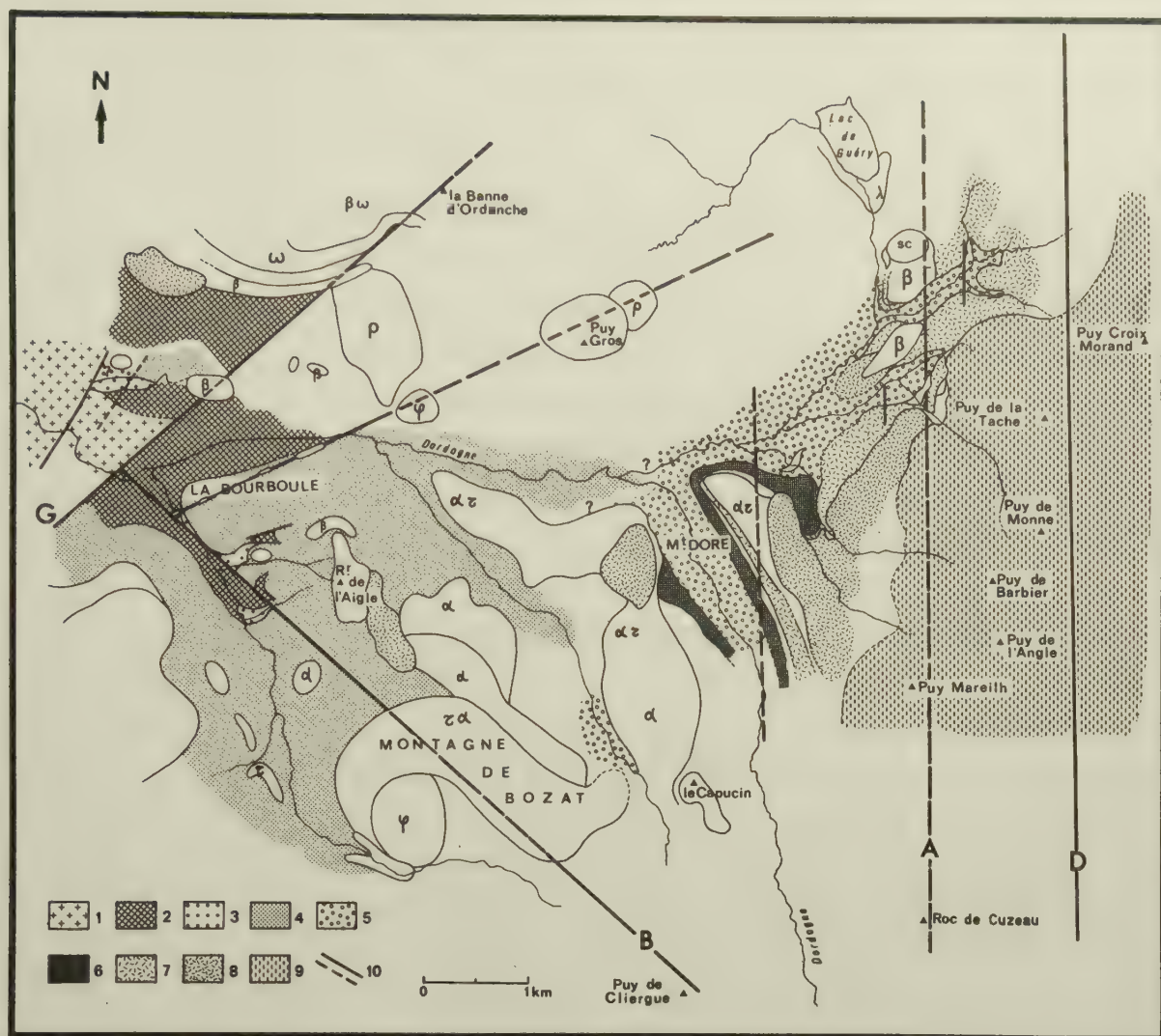


Figure 26 : Carte géologique de la fosse de la Bourboule - le Mont-Dore.

Mont-Dore est rendue possible dans l'espace et dans le temps, compte tenu évidemment de l'imprécision des mesures d'âge absolu (tableau h. t. et figure 27).

- 1) Après une première phase éruptive basique correspondant aux coulées basaltiques miocènes (16 MA), se produit la montée des magmas granitiques avec l'éruption du dôme rhyolitique de Lusclade - la Gacherie (L. GLANGEAUD, 1943). Ce phénomène éruptif se situant aux environs de 6 à 7 MA (limite mio-pliocène ?) entraîne l'effondrement par fracture du socle de la fosse de la Bourboule (Ph. GLANGEAUD, 1916, 1917, 1919, L. GLANGEAUD, 1936, 1943, L. GLANGEAUD et coll., 1965). Cette fosse vient buter à l'W contre les "horst" granitiques faillés de la Roche des Fées et du Charlet.

Au fur et à mesure de son enfoncement, la fosse se comble de projections acides émises au cours de l'édification du volcan rhyolitique. Ces projections se poursuivent vraisemblablement pendant une grande partie du Pliocène. Elles constituent la *série de la Bourboule*.

- 2) Vers 3,7 MA, c'est-à-dire dans la phase terminale de l'époque Gilbert, s'édifie le substratum volcanique du massif de la Banne d'Ordanche au N, ainsi que la base du massif de l'Aiguiller à l'E (C. BOBIER, 1971). Le massif du Sancy devait être édifié déjà en partie à cette époque et constituer un relief important au SE de la fosse.
- 3) Vers 3 - 2,5 MA, au cours de l'époque de Gauss, c'est-à-dire à la limite plio-villafranchienne, survient une première phase d'érosion intense, surcreusant les formations volcaniques antérieures (ruisseaux sur la bordure occidentale de la fosse, haute vallée de Guéry, etc...). Cette

F I G U R E 27



COUPE DE SYNTHÈSE ET PROFILS A TRAVERS LA FOSSE

DE LA BOURBOULE - LE MONT-DORE

- 1 - Socle granitique. 2 - Pliocène = série de la Bourboule (I).
3 - Prétiglien = série de Vendeix (II). 4 - Tiglien terminal (?)
et Gunz I = série du Rossignolet (III). 5 - Gunz I - II = série de
Queureuilh (IV), surmontée du complexe volcanique. 6 - Gunz II =
série de la Tache (V) (a : tufs détritiques, b : niveau supérieur
caillouteux). 7 - Massif adventif (VI). 8 - Surface d'érosion supérieure
n° 1. 9 - Surface inférieure n° 2 avec sa couverture morainique.
10 - Cours actuel de la Dordogne n° 3.

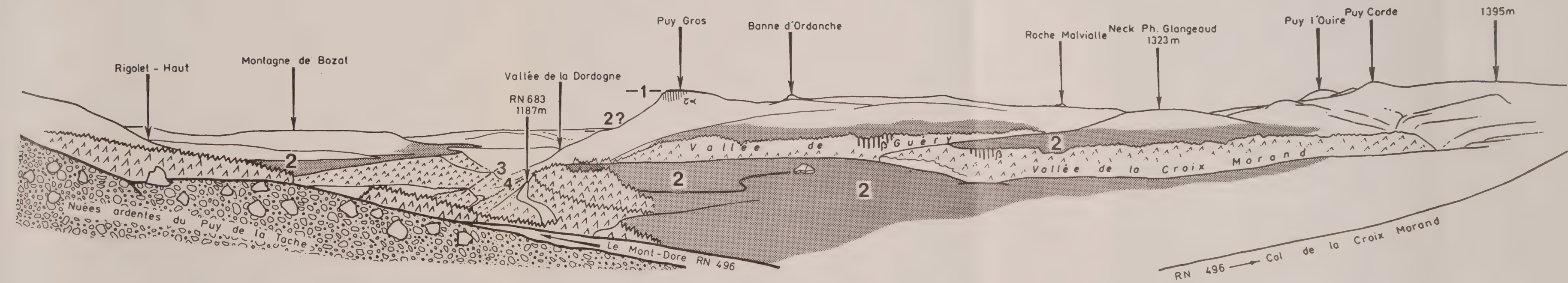


Figure 29 : Panorama vu de la route de la Croix Morand.

phase de creusement peut être d'origine climatique ou tectonique. L'absence de coulées rapportées à cette époque serait la conséquence soit de cette érosion, soit d'une période de calme volcanique (C. BOBIER, *ibid.*).

- 4) *Au Prétiglien, c'est-à-dire aux environs de 2,5 - 2 MA,* la sédimentation reprend. Les projections acides de la *série de Vendeix* (type rhyolitique) comblent les vallées et ennoient les reliefs. Les rivières qui sillonnent la bordure orientale du massif pour rejoindre l'Allier sont elles-même engorgées par les projections rhyolitiques, comme en témoignent les sables, conglomérats et coulées boueuses de Perrier (P. BOUT, 1960, 1967). Ces phénomènes de lahars se poursuivront d'ailleurs au cours des périodes suivantes.

Ces projections sont accompagnées de coulées. Les unes couronnent le massif de la Banne d'Ordanche ($\beta \omega$) ou les projections prétigliennes au niveau du plateau de Charlannes (β) ou du Rocher de l'Aigle ($\tau \alpha$), d'autres (λ) s'emboîtent dans la haute vallée de Guéry, creusée au cours de la phase précédente dans les dépôts antérieurs. Des phonolites accompagnent ces paroxysmes volcaniques (L. GLANGEAUD et R. LETOLLE, 1965) telle celle de la Gacherie (C. BOBIER, *ibid.*).

Ce sont donc des reliefs relativement élevés que le plus ancien glacier du Donau (?) va recouvrir d'une large calotte au cours du maximum de refroidissement prétiglien. Ce glacier laisse derrière lui une surface d'érosion supérieure (surface n° 1, figure 28) qui recoupe les filons et aplanit les reliefs entre 1 300 - 1 400 m d'altitude. Le Puy Gros constitue un très bel exemple de cette surface supérieure d'érosion (figures 29 et 30).

L'enfoncement de la fosse sur sa bordure occidentale se poursuit encore au cours de cette période mais plus faiblement, puis va cesser. Désormais, ce secteur restera probablement immobile et c'est vers l'E que l'enfoncement va se déplacer, avec corrélativement la montée du horst de la Croix Morand, qui se poursuivra durant toute la période suivante du Villafranchien.

- 5) *Au voisinage de 2 MA, un deuxième cycle de creusement - remblaiement succède au précédent.* Difficilement décelable dans la région du Mont-Dore, il est par contre très bien enregistré dans le Velay par l'emboîtement des deux remblaiements successifs, prétiglien et tiglien. Sur la bordure orientale de la fosse d'effondrement du Mont-Dore, en aval de la vallée surcreusée du ruisseau de Guéry, subsistent, semble-t-il, des dépôts tigliens, enfouis sous des formations plus récentes. Notons à ce propos que L. GLANGEAUD, P. DUMESNIL, M. VIGNERON (1965) avaient déjà écrit que "la première phase de creusement - remblaiement tiglienne est celle de la vallée est - ouest de Guéry".

Par contre, au niveau des "horst" granitiques au N et à l'E de la fosse, dans les vallées rayonnantes creusées à même le socle, ces dépôts tigliens présentent une plus large extension. Ils constituent la *série de Chambon*.

Des coulées émises par les divers centres éruptifs du massif du Sancy peuvent être rattachées à cette période : la coulée de sancyite (1,9 MA) issue du Roc de Cuzeau et celle de doréite du plateau de Durbize (L. GLANGEAUD et coll., 1965).

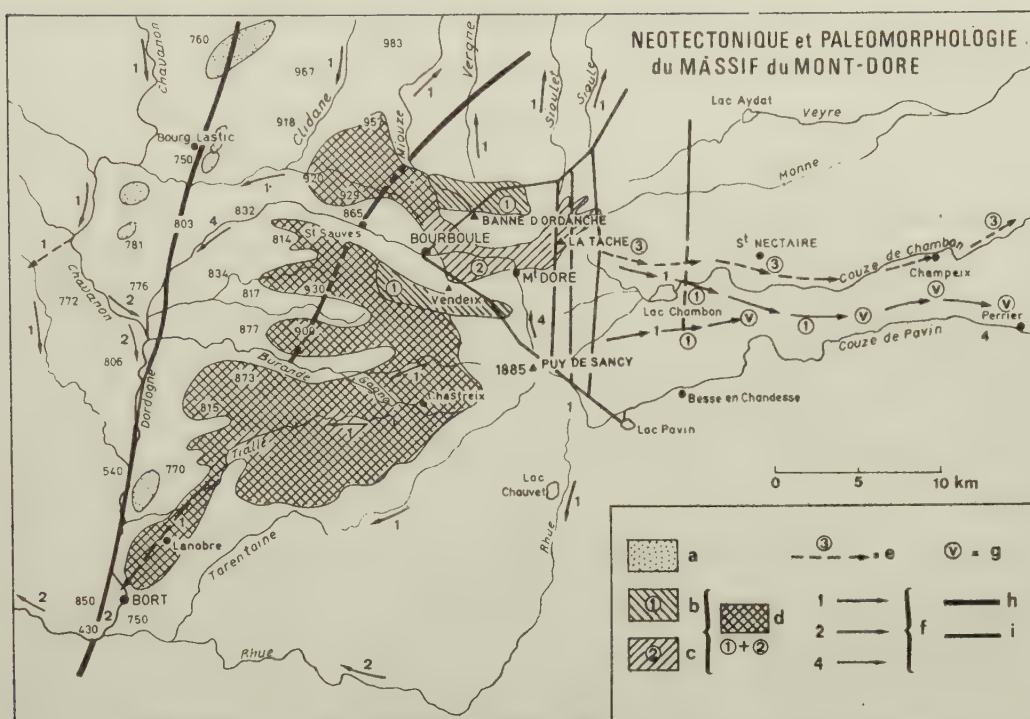


Fig. 28 - Evolution morphotectonique du Massif du Mont-Dore et de ses bordures

a : Oligocène de la bordure occidentale du Mont-Dore. L'Oligocène de la bordure orientale et celui de la Limagne n'ont pas été figurés ; b (1) : Surface supérieure du Mont-Dore ; c (2) : Niveau de la Tache ; d (1) + (2) = b + c : Surface de l'Artense ; e (3) : Trajectoire probable des tufs ponceux de Champeix à partir du Massif adventif jusqu'au gisement à *Rhinoceros etruscus* et *Elephas antiquus* ; f : Phases de creusement successif des rivières : Stade 1 : sur le versant occidental, 1 = cours supérieur de la Rhue et de la Tarentaise ; phase du Lanobre antérieure aux dépôts d, sur le versant Nord et le versant occidental, le stade 2 est situé entre la fin du niveau de la Tache et les tufs de Champeix, stade 4 : creusement post-mindélien et actuel ; g (V) : Trajectoires probables des tufs inférieurs de Perrier ; h : Faille du Houiller de Messeix et faille de Saint-Sauves post-permienne ; i : Failles volcanotectoniques du Mont-Dore ayant joué depuis le début du Pliocène jusqu'au Mindélien.

- 6) *Aux environs de 1,8 - 1,5 MA, c'est-à-dire dans l'échelle stratigraphique que nous nous proposons, au cours de l'Eburonien (Gunz I) et du Waalien (Gunz I - II), le volcanisme se poursuit. Les séries du Rossignolet et de Queureuilh se mettent en place. Cette dernière, emboîtée dans la précédente, représente un remplissage lacustre dont il est difficile de savoir s'il est consécutif à un phénomène tectonique local ou dépend de phénomènes climatiques plus généraux.*

A la fin de l'épisode interstadiaire gunzien, le refroidissement et l'augmentation d'humidité entraînent la formation d'éluvions. Celles-ci, mélangées à des projections et entraînées par les eaux de ruissellement, glissent sur les flancs du massif du Sancy et du horst de la Croix Morand, toujours en voie de surrection et formant relief à l'E.

Au niveau même de la ville du Mont-Dore, ces dépôts ainsi que des coulées ⁽¹⁾ fossilisent la surface morphologique du remblaiement lacustre de la série de Queureuilh qui sera entaillé ultérieurement par la haute vallée de la Dordogne. Ces éluvions déterminent une vaste surface "d'épandage", nivelant et engorgeant la topographie sur laquelle progressera le glacier du Gunz II. Celui-ci abandonnera en se retirant une couverture morainique, localement riche en blocs ou galets de granite.

(1) Il s'agit de la coulée de doréite du plateau de l'Angle et celles plus récentes du Puy de Mareilh qui la recouvre (1,4 - 1,7 MA) et de la carrière des Moulins.

Cette large surface et sa couverture morainique constituent le "niveau de la Tache" (surface n° 2, voir figures 28, 29 et 30), emboîtée dans la surface d'érosion supérieure (surface n° 1) (L. GLANGEAUD, A. BRUN, C. BOBIER, 1969).

- 7) Un dernier rejeu des failles de la bordure orientale, entraînant un surcreusement des vallées dans ce secteur, fait surgir le Massif adventif qui vient se superposer au horst de la Croix Morand, fossilisant ainsi le niveau supérieur de la Tache. Nous franchissons ici la limite supérieure du Villafranchien. Les projections émises en particulier par les Puys coalescents de la Tache et de la Croix Morand viennent engorger les vallées d'érosion jusqu'à Champeix. Elles seront recouvertes plus tard, vers $0,5 \text{ MA} \pm 0,1$, par des coulées quaternaires.

Sur la partie orientale de la fosse, des coulées de basalte plus récentes que $0,5 \text{ MA}$ (R. MENENDEZ, in litt.) recouvrent les surfaces morainiques (basaltes de la Clef du lac et de la ferme de la Tache), ou s'emboîtent dans des vallées récentes (basaltes du Barbier ou de Queureuilh).

III - LES GLACIATIONS DANS LE MASSIF DU MONT-DORE.

Ph. GLANGEAUD (1917b) a mis en évidence dans la région du Mont-Dore au moins trois périodes glaciaires, équivalentes aux phases mindélienne, rissienne et wurmienne des Alpes.

Nous venons de voir qu'au cours du Villafranchien, deux glaciations au moins y avaient laissé leurs empreintes. A titre d'hypothèse de travail, nous avons synchronisé ces phénomènes glaciaires avec le cycle de creusement - remblaiement de la *phase du Lanobre*,

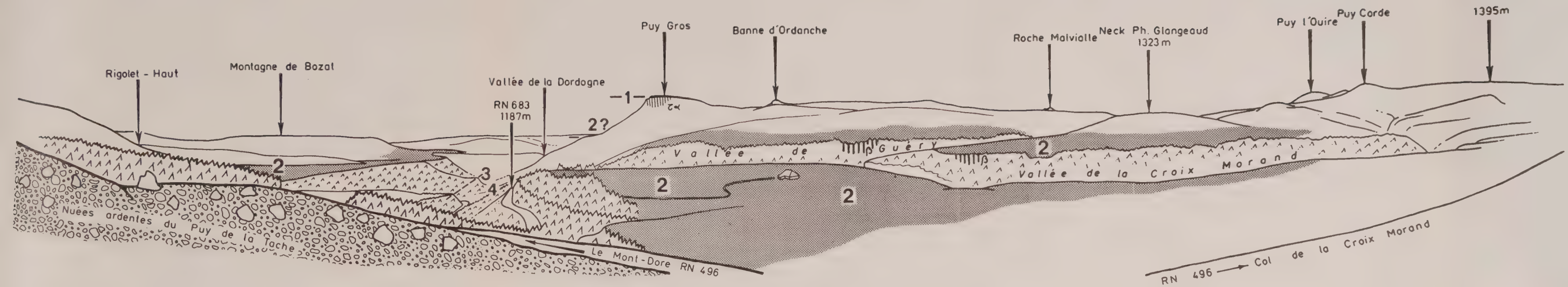


Figure 29 : Panorama vu de la route de la Croix Morand.

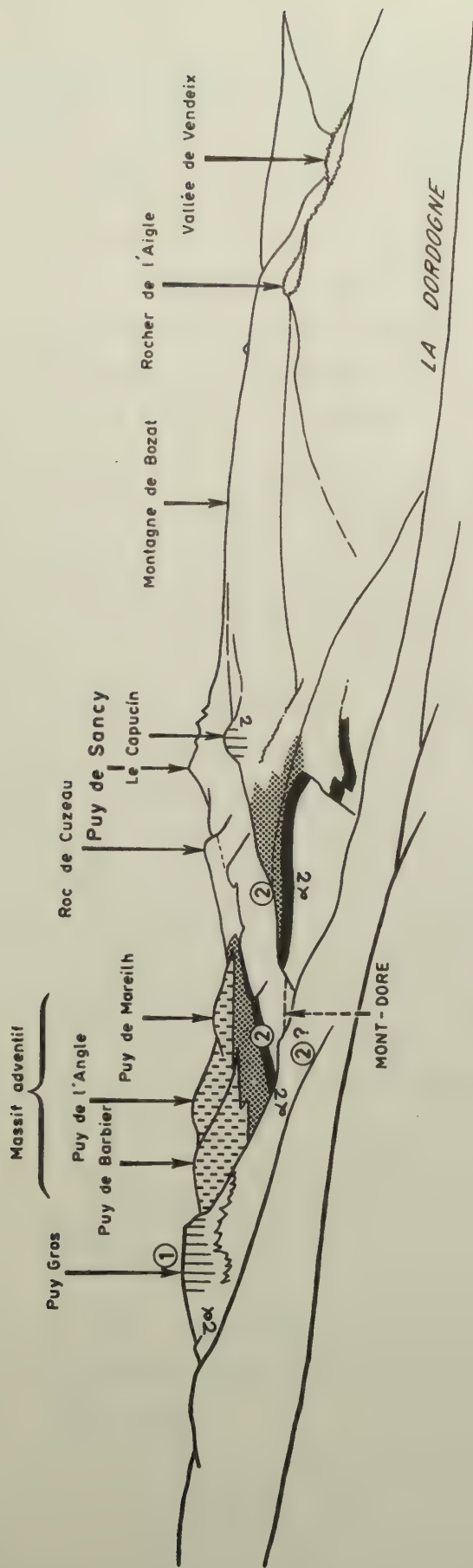


Figure 30 : Panorama vu du sommet de la Banne d'Ordanche

s'intercalant entre deux phases glaciaires et très bien mise en évidence dans la région de Bort - les - Orgues par L. GLANGEAUD (1945) (L. GLANGEAUD, A. BRUN, C. BOBIER, 1969 et voir figure 28).

- *Première glaciation* : elle correspond à la surface d'érosion supérieure (n° 1) et au glaciaire des Plateaux déposé par des lobes coalescents, dérivés des calotes glaciaires du Mont-Dore et du Cantal qui convergeaient vers Bort - les - Orgues.
- *Retrait du glacier et corrélativement phase de creusement du Lanobre*. Les vallées (1) rayonnant autour du massif se creusent. Leur réseau "en de nombreux tronçons est complètement indépendant du réseau actuel".
- *Deuxième glaciation* : elle correspond à la surface inférieure (n° 2) ou "niveau de la Tache", emboîtée dans la précédente (n° 1) au centre du massif. Sur son pourtour occidental, ces deux surfaces viennent se confondre en une surface unique descendant en pente douce vers l'W et constituant le vaste plateau morainique de l'Artense. A cette deuxième phase glaciaire correspond la phase de remblaiement du Lanobre avec l'alluvionnement, dans la région de Bort, d'importantes formations de sables et graviers dépassant 100 m d'épaisseur.
- *Retrait du glacier suivi à nouveau par un surcreusement des vallées avec, peut-être, modification du réseau hydrographique (2)*.

Une étude palynologique sur les alluvions de Bort permettrait peut-être d'apporter les preuves irréfutables d'un tel synchronisme.

IV - SYNTHESE FLORISTIQUE - PALEOCLIMATOLOGIE DU PLIO-VILLAFRANCHIEN DU MONT-DORE.

A - SYNTHESE PALYNOLOGIQUE.

Nous avons vu que les variations de fréquence, à la fois des groupes parasociologiques de AP et des types exotiques permettaient de distinguer les différents étages du Plio-Villafranchien.

Deux tableaux vont permettre de recenser l'ensemble de ces résultats.

1) Fréquence des groupes parasociologiques de AP.

	!Pliocène!	!Prétigl.!	!Tiglien!	!Eburon.!	!Waalien!	!Ménapien!
!T. tert.	(1)	-----	-----	-----	-----	-----
!T. trans.	-----	(2)	-----	(3)		-----
!Feuil. europ.	-----	-----	-----	-----	-----	-----
!Conifères	-----	-----	-----	-----	-----	-----

(1) Présence fréquente, (2) rare, (3) sporadique.

2) Fréquence des types exotiques.

	!Pliocène!	!Prétigl.!	!Tiglien!	!Eburon.!	!Waalien!	!Ménapien!
! <i>Symplocos</i> !						
! <i>T. mega.</i> !						
! <i>exactus</i> !						
! <i>T. mega.</i> !						
! <i>fallax</i> !						
! <i>Q. henrici</i> !						
! <i>Q. microhenr.</i> !						
! <i>Engelhardtia</i> !						
! <i>Podocarpus</i> !	-----		-----			
! <i>Cedrus</i> !						
! <i>Taxodium</i> !	-----		-----			
! <i>Sequoia</i> !	-----		-----			
! <i>Sciadopitys</i> !	-----		-----			
! <i>Monocolpé</i> !	-----					
! <i>T. bituitus</i> !	-----					
! <i>Nyssa</i> !	-----		?			
! <i>Liquidambar</i> !			-----			
! <i>Celtis</i> !	-----					
! <i>Myrica</i> !	-----		-----			
! <i>Eucommia</i> !	-----		-----			
! <i>Ostrya ou</i> !				?	?	?
! <i>C. orient.</i> !						
! <i>Carya</i> !	-----	-----	-----			

	!Pliocène!	!Prétigl!	!Tiglien!	!Eburon.	!Waalien!	!Ménapien!
!Pterocarya	!	!	!	!	!	!
!Juglans	!	!	!	-----!	!	!
!Aesculus	!	!	!	!	!	!
!Platanus	!	-----!	!	-----!	!	!
!Castanea	!	!	?	!	!	!
!P. t. haplo.	!	!	!	!	!	!
!P. canariens.	!	!	!	-----!	!	!
!Tsuga	!	!	!	?	!	?

Ce tableau montre que certains genres ou taxons ont disparu du Mont-Dore après le premier refroidissement prétiglien : les Monocolpés, *Triatriopollenites bituitus*, *Engelhardtia*, d'autres après le deuxième refroidissement gunzien I : *Eucommia*, *Pinus t. haploxyton* (type ancien correspondant à la diagnose exacte de K. RUDOLPH. En effet, les grains rencontrés dans les dépôts éburoniens, waaliens et ménapiens ont encore une large attache du ballonnet, mais n'ont plus la forme de ceux d'*Epicea*).

Quant au genre *Tsuga*, un seul grain a été trouvé dans les dépôts de l'affleurement 12 (diagramme XIV), dont la position stratigraphique est incertaine. Il semble bien que cette essence, bien développée au Tiglien, ait disparu de la région par la suite.

En conclusion, nous avons pu réaliser une échelle palynologique du Plio-Villafranchien, spécifique d'une région montagneuse. Cette échelle, étalonnée en âge absolu, pourra avoir une application dans des régions au contexte géographique voisin. Mais il faut souhaiter que les

recherches palynologiques futures dans les dépôts plio-villafranchien, soient approfondies, de façon à pouvoir définir avec plus de rigueur les époques auxquelles certains genres ont disparu de notre région.

3) Paysage végétal au cours du Plio-Villafranchien.

Au Pliocène et durant les périodes interglaciaires du Villafranchien, *la forêt constitue "l'unité phytionomique" dominante du paysage végétal.*

Par contre, au cours des périodes glaciaires, ce paysage se modifie : les forêts s'éclaircissent localement et les étendues herbeuses s'élargissent. Cependant, la flore de toundra riche en Graminées, Armoises, Saules et Bouleaux nains et qui correspondrait, au cours des périodes glaciaires plus récentes, au maximum de dégradation climatique n'a pas été enregistrée dans notre région. Il semble, mais en toute hypothèse, que la forêt soit restée l'élément essentiel des formations végétales, durant ces périodes de refroidissement.

Lorsque les forêts de Feuillus ou de Conifères se dégradent, le Bouleau se développe avantageusement. Cette essence est alors souvent accompagnée d'une végétation herbacée importante. Ceci est lié au mode de développement particulier que nous lui connaissons, à savoir son exigence en lumière et par conséquent son développement sur terrain découvert et sur sols bruts de forêts dégradées. Ce lien Bouleau-herbacées, que l'on ne peut pas suivre d'une façon constante sur les séries trop fragmentaires du Mont-Dore, est par contre particulièrement affirmé dans des séries continues, comme celles des interglaciaires du Gunz-Mindel (Cromer Forest-Bed), du Mindel-Riss d'Hoxne, ou du Riss-Wurm d'Ipswich (in R.G. WEST. 1961).

B - RECONSTITUTION PALEOCLIMATIQUE ET PALEOPHYTOGEOGRAPHIQUE DU MONT-DORE.

L'ensemble des résultats polliniques discutés au cours de l'étude palynologique de chacune des séries peut être synthétisé par

les diagrammes de déviations des fréquences du groupe de "Thermophiles" ⁽¹⁾ et du Pin (*t. silvestris*). Les courbes qui en résultent mettent en évidence la dynamique floristique et par conséquent les séquences climatiques successives au cours d'une période s'étendant du Pliocène au Villafranchien supérieur (diagrammes XXIII, XXIV et XXV). Ainsi, au Villafranchien, deux phases d'amélioration climatique alternent avec trois phases de dégradation climatique.

La comparaison de ces courbes nous incite à faire plusieurs remarques.

1) Les déviations *Th* des fréquences des "Thermophiles", par rapport à leur moyenne *m*, sont plus sensibles aux oscillations climatiques que celles du Pin. En effet :

a) Au cours du Prétiglien se dessinent nettement trois phases successives V1, V2 et V3 (diagramme XXIII), correspondant aux coupures palynologiques du diagramme des groupes parasociologiques d'arbres (diagramme II) et du diagramme total (diagramme III).

V1 = Prétiglien A (=3) *Th* légèrement supérieur à *m*

V2 = Prétiglien B1 (=4a) *Th* légèrement inférieur à *m*

V3 = Prétiglien B2 (=4b) *Th* nettement inférieur à *m*

Par contre, la courbe *P* des déviations du Pin (diagramme XXV) ne permet pas de distinguer V1 de V2.

D'autre part, le contraste entre Bo et V1 est beaucoup plus marqué dans le diagramme des "Thermophiles" que dans celui du Pin.

=====

(1) Voir p. 26.

- b) La courbe *Th* de la série de Queureuilh fait ressortir très nettement l'influence du refroidissement gunzien II dans sa partie supérieure. Par conséquent, dans la partie visible de cette série, une fraction Q1 s'est déposée au cours de la deuxième moitié de l'interstade waalien (le niveau G1, à 1 060 m, marquant peut-être l'optimum climatique) et la deuxième fraction Q2 s'est déposée au début du Gunz II.

Par contre, le Pin garde des valeurs négatives assez fortes (excepté pour le niveau G3A) tout au long de l'épisode de la série de Queureuilh et ne permet pas de distinguer Q1 de Q2.

Le comportement particulier du Pin peut être un argument en faveur de *la coexistence, chez ce genre, de plusieurs espèces aux exigences écologiques différentes.*

2) Une comparaison entre la courbe *P* du Pin et celle du groupe *Tsuga-Picea-Abies* (TPA) montre que d'une manière générale, dans le Mont-Dore, l'extension du Pin (au cours des périodes glaciaires) est précédée par celle du groupe TPA.

Cette remarque s'applique également aux gisements villafranchiens de Senèze (niveau S3a) et du Velay (niveau C : 1 à 5). Par contre, cette particularité ressort moins nettement dans le bassin de Leffe.

3) Une comparaison plus générale entre la courbe *Th* et les courbes *P* et TPA nous permet de résumer l'histoire de la végétation au cours du Villafranchien. De l'acmé d'une période interglaciaire à l'acmé de la période glaciaire suivante, la végétation passe par trois phases successives :

- 1ère phase : développement des "Thermophiles"
- 2ème phase : développement du groupe *Tsuga* - *Picea* - *Abies*
- 3ème phase : développement du *Pin*

Il est à noter que dans les périodes interglaciaires du Pléistocène moyen et supérieur [par exemple Gunz - Mindel (Angleterre, R.G. WEST, 1961, S. DUIGAN, 1963), Mindel - Riss (Hoxne, R.G. WEST, 1956, 1961), Riss - Wurm (Honerdingen III, P. WOLDSTEDT, U. REIN et W. SELLE, 1951)], la phase à *Picea* (+*Abies*) succède également à la *Chênaie* mixte et précède le développement du *Pin*.

Donc, le genre *Tsuga*, au cours des périodes de climat peu tranché du Villafranchien, peut être considéré comme un "indicateur de dégradation climatique", au même titre que l'*Epicea* durant tout le Quaternaire.

C - CORRESPONDANCE DES OSCILLATIONS CLIMATIQUES DANS LE MASSIF CENTRAL ET EN EUROPE OCCIDENTALE.

L'étude palynologique détaillée des séries du Mont-Dore, comparée à celle d'autres régions du Massif Central et d'Europe occidentale, montre que les phases successives d'amélioration et de dégradation climatique s'inscrivent dans le cadre d'une évolution générale paléoclimatique spécifique de la période plio-villafranchienne.

Les oscillations climatiques définies à partir des données palynologiques dans le bassin de Leffe, aux Pays-Bas, dans le bassin de l'Allier à Senèze, au Velay et au Mont-Dore sont représentées sur la figure 31.

Les séries du Mont-Dore offrent des successions paléophytologiques et paléoclimatiques identiques à celles du Velay (voir figure 25), mais elles sont beaucoup plus fragmentaires pour deux raisons :

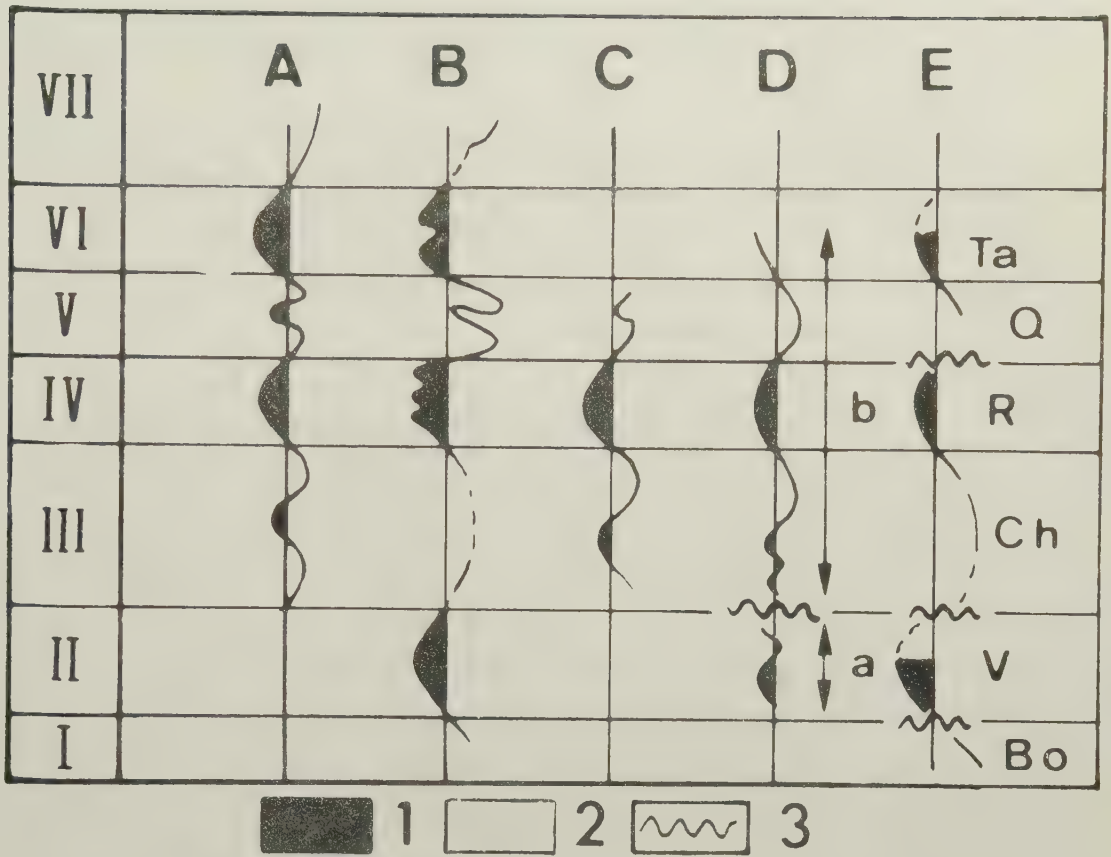


FIGURE 31

*CORRESPONDANCES DES OSCILLATIONS CLIMATIQUES DANS LE MASSIF CENTRAL
ET EN EUROPE OCCIDENTALE*

1 - Phase de dégradation climatique. 2 - Phase d'amélioration climatique.
3 - Période de creusement.

A : Bassin de Leffe. B : Pays-Bas. C : Senèze. D : Velay (a : premier remblaiement, b : deuxième remblaiement). E : Mont-Dore (nom des séries : Bo = Bourboule, V = Vendeix, Ch = Chambon, R = Rossignolet, Q = Queureuilh, Ta = Tache).

I : Pliocène. II : Prétiglien. III : Tiglien. IV : Eburonien. V : Waalien.
VI : Ménapien. VII : Cromérien.

- la nature des dépôts volcaniques et volcano-sédimentaires du Mont-Dore ne permet pas de fournir des séquences poliniques aussi continues que les dépôts lacustres du Velay.
- l'instabilité du substratum a été plus prononcée dans le Mont-Dore que dans le Velay. Cette dernière région, en effet, n'a pas eu d'importantes émissions de roches siatiques et hydrides et par conséquent à subi moins de mouvements verticaux.

Le premier remblaiement du Velay de par sa composition floristique semble se situer dans la phase pré-tiglientine. Nous plaçons à titre d'hypothèse, les oscillations de la base du deuxième remblaiement dans la période tiglientine (des oscillations ont également été enregistrées à Leffe et aux Pays-Bas au cours de cet épisode). Ainsi, la première phase de creusement importante au Villafranchien aurait été enregistrée dans les deux régions à la limite du Pré-tiglientin et du Tiglientin ou peut-être au cours de la phase terminale du Pré-tiglientin. Dans le Mont-Dore, pour les raisons que nous venons d'évoquer, les oscillations climatiques encadrant cette période de creusement n'ont pas toutes été enregistrées.

C O N C L U S I O N G E N E R A L E

Au cours de cette étude, la Palynologie s'est révélée une méthode suffisamment précise pour justifier la place importante qu'elle doit prendre dans la Géodynamique.

En effet, dans une région aussi complexe que le massif volcanique du Mont-Dore, les repères d'âge absolu et de paléomagnétisme sont souvent insuffisants pour coordonner les phénomènes entre eux. Il existe entre ces niveaux-repères des lacunes parfois importantes qui ont pu être comblées par les données floristiques. La Palynologie a permis, par conséquent, de relier dans un ensemble cohérent, temps-espace, des phénomènes différents : volcanotectoniques, morphologiques et climatiques et d'établir, en outre, des liaisons avec d'autres systèmes volcaniques du Massif Central.

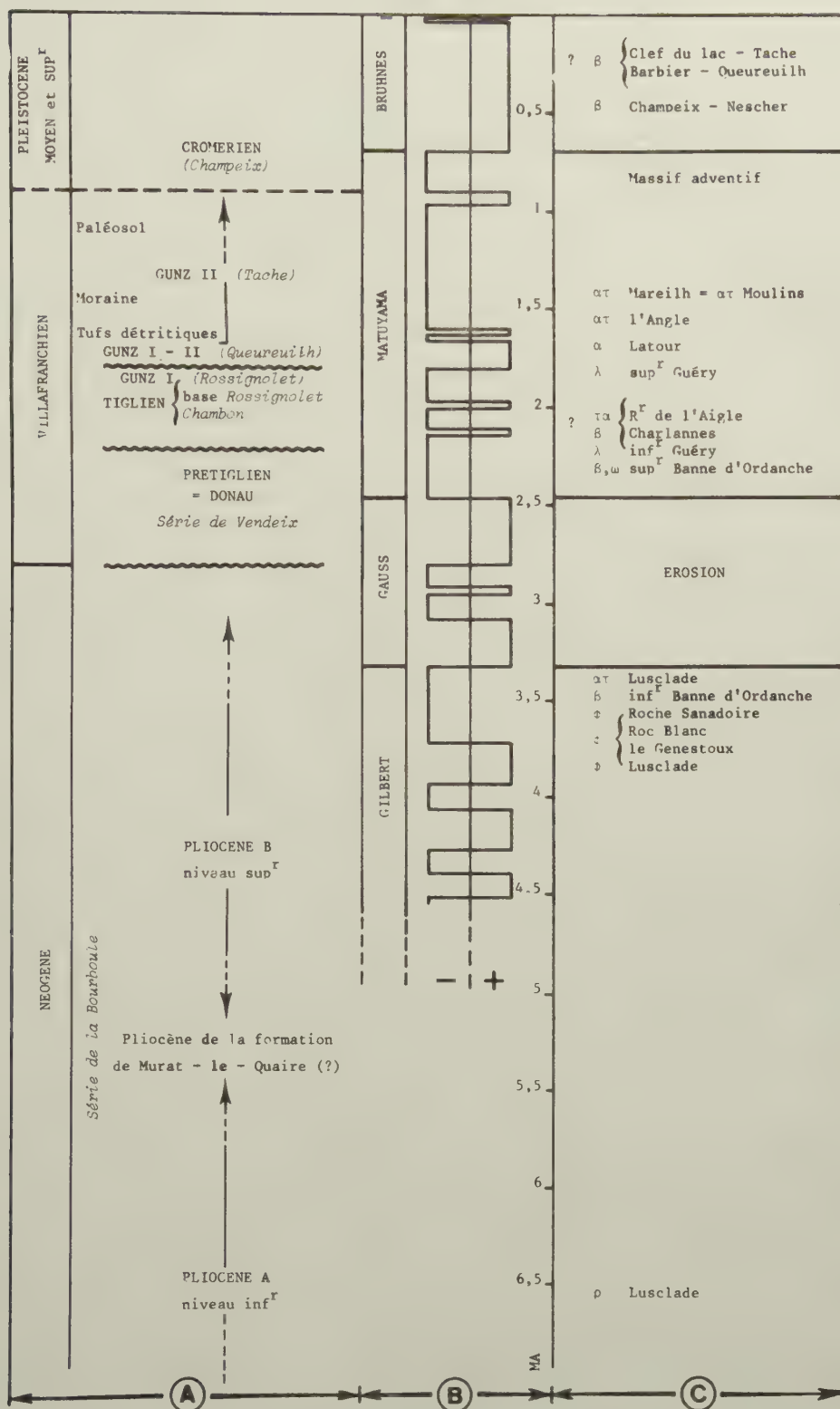
Inversement, les applications stratigraphiques et climatiques de la Palynologie risquent fort d'aboutir à des interprétations erronées, si elles ne tiennent pas compte des renseignements fournis par les autres méthodes de la Géodynamique. Comme l'a souligné si justement A. WEGENER (1928) et comme l'a si clairement démontré L. GLANGEAUD (1950 à 1970) : *"Ce n'est qu'en réunissant les données de toutes les Sciences qui se rapportent à l'étude du globe que nous pourrions espérer obtenir la "vérité", c'est-à-dire l'image qui systématise, de la meilleure façon, la totalité des faits connus et qui peut par conséquent, prétendre être la plus probable"*.

C'est pourquoi, L. GLANGEAUD, partant des idées générales de A. WEGENER, a relié et utilisé toutes les techniques géologiques et géophysiques par une méthodologie géodynamicienne commune. Il a fait ainsi apparaître des concepts nouveaux, dont celui de "NODS", qu'il avait nommé auparavant : *"structures scalaires"*.

Or, le massif du Mont-Dore correspond à un niveau dimensionnel bien défini : celui d'un volcan et son entourage climatique *régional*, de dimension kilométrique à hecto-kilométrique. L'introduction des

données de la Palynologie permet de relier ce système local aux grandes oscillations du climat à l'échelle de la Terre (niveau géonomique) et à celle de l'Europe occidentale (niveau mégamétrique). Les oscillations millénaires à l'échelle de la Terre sont de l'ordre de 15 à 100 000 ans et les oscillations mégannuelles, de 10 à 40 MA (MA = 10^6 années). A cette échelle de 40 MA, la région a participé à la mégaévolution progressive de l'Eurafrique ; celle-ci a commencé à l'Eocène supérieur, avec des climats encore chauds et s'est terminée avec les premières glaciations du Quaternaire, période durant laquelle les oscillations millénaires, superposées aux premières, sont de l'ordre de 15 à 100 000 ans.

Cette thèse a cherché à préciser toutes ces variations, dans le temps, en les reliant à la stratigraphie, à la paléoclimatologie, au paléomagnétisme et aux datations radioactives, depuis les basaltes de base de 16.10^6 années (Miocène supérieur) jusqu'à l'époque quasi-actuelle, avec les cratères quaternaires supérieur (6 à 10 000 ans) de la périphérie du Mont-Dore. On a là un remarquable exemple de plusieurs variations superposant leur effet à des différentes échelles temporo-spatiales (NODS).



T A B L E A U

ECHELLE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE DANS LE MONT-DORE

- (A) Echelle palyno-stratigraphique. (B) Echelle de paléomagnétisme (A. COX, 1969), avec échelle correspondante en MA (MA = 10⁶ années). (C) Chronologie de quelques dômes et coulées, d'après les données du paléomagnétisme et les datations radioactives.

B I B L I O G R A P H I E

=====

- d'ALLEIZETTE Cd^t* (1960) - Clefanalytique de la flore d'Auvergne.
Imp. Mont-Louis et Presse réunies, Clermont-
Ferrand, 477 p.
- BOBIER C.* (1969) - Etude paléomagnétique des basaltes du Plateau
du Velay. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 268, pp. 20-23.
- BOBIER C.* (1971) - Contribution du paléomagnétisme à l'étude géodyna-
mique du volcanisme du Massif Central, de l'Algérie
et du Mexique. Thèse Sci., Paris, en cours.
- BOULAY (l'Abbé)* (1892) - Flore pliocène du Mont-Dore (P. de D.).
Paris, 116 p. + fig. + 12 pl.
- BOUT P.* (1951a) - Sur la présence de quartz bipyramidés rhyolitiques
du Mont-Dore dans les dépôts villafranchiens de
Perrier (P. de D.) et de la Haute-Loire. C.R. som.
Soc. géol. Fr., 6e sér., t. 1, n° 2, p. 12.
- BOUT P.* (1951b) - Compléments sur l'origine des quartz bipyramidés
des alluvions villafranchiennes du Puy-de-Dôme et
de la Haute-Loire. C.R. som. Soc. géol. Fr., 6e sér.,
t. 1, n° 5, p. 74.
- BOUT P.* (1960) - Le Villafranchien du Velay et du bassin hydrographique
moyen et supérieur de l'Allier. Thèse Sci., Paris,
344 p., 51 fig., 35 photos.

- BOUÏ P. (1966) - Un épisode des éruptions saucyitiques du Mont-Dore enregistré à Coudes (Puy-de-Dôme). Bull. Soc. géol. France, 7e sér., t. VIII, n° 2, p. 263.
- BOUÏ P. (1967) - Observations sur le Villafranchien d'Auvergne et du Velay (C.R. excursion de l'AFEQ du 19 au 22 mai 1966). Bull. Assoc. fr. Et. Quat., n° 10, p. 3.
- BOUÏ P. (1968) - La limite Pliocène - Quaternaire en Europe occidentale. Bull. Assoc. fr. Et. Quat., n° 14, p. 55.
- BOUÏ P. (1969) - Datations absolues de quelques formations volcaniques d'Auvergne et du Velay et chronologie du Quaternaire européen. Rev. Auvergne, t. 83, n° 4, pp. 267-280.
- BOUÏ P. (1970) - Problèmes du volcanisme. XV : le maar de Senèze (Haute-Loire). Rev. Auvergne, t. 84, n° 1, pp. 29-73.
- BOUÏ P., FRECHEN J., LIPPOLT H.J. (1966) - Datations stratigraphiques et radiochronologiques de quelques coulées basaltiques de Limagne. Rev. d'Auvergne, t. 80, n° 4, pp. 207-231.
- BRAUN - BLANQUET (1923) - L'origine et le développement des flores dans le Massif Central de France. L. Lhomme éd., Paris, Beer et C^{ie} éd., Zurich, Schlüsselgasse, 282 p., 6 pl., cartes + fig.
- BRELIE G. von der (1959a) - Zur pollenstratigraphischen Gliederung des Pliozäns in der Niederrheinischen Bucht. Fortschr. geol. Reinland Westfalen, 4, pp. 27-54.

- BRELIE G. von der (1959b) - Probleme der stratigraphischen Gliederung des Pliozäns und Pleistozäns am Mittel - und Niederrhein. Fortschr. geol. Reinland Westfalen, 4, pp. 371-388.
- BRELIE G. von der (1961) - Pollens stratigraphische Gliederung und fazielle Entwicklung des jüngeren Tertiärs (Oberoligocän bis Pliocän) in der Niederrheinischen Bucht. Meyniana, t. 10, pp. 75-88.
- BROUSSE R. (1965) - Age des formations volcaniques et en particulier âge des basaltes des plateaux et des dykes du massif du Mont-Dore. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 260, pp. 3997-3400.
- BRUN A. (1967) - Etude palynologique des cinérites et tufs du vallon de Vendeix au Mont-Dore (Puy-de-Dôme). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 265, pp. 1172-1174.
- BRUN A. (1969) - Stratigraphie et paléoclimatologie villafranchienne du massif volcanique du Mont-Dore (France). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 268, pp. 1026-1029.
- BRUN A. (1970) - Stratigraphie paléomorphologie et paléoclimatologie du Villafranchien dans le Massif Central. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 270, pp. 2907-2910.
- BRUN A., GLANGEAUD L. (1967) - Etude palynologique et géodynamique de la formation de la Bourboule (France). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 264, pp. 1765-1768.
- BUENO ROMERO E. (1969) - Le bassin du Mont-Dore : étude hydrogéochimique et isotopique des sources thermominérales. Thèse 3e cycle, Paris, 108 p.

- CHADEFAUD M., EMBERGER L. (1960) - Traité de botanique systématique.
éd. Masson et C^{ie}, t. I, 1018 p., t. II, (2 fasc.),
1539 p.
- CHASSAGNE M. (1956) - Inventaire analytique de la flore d'Auvergne.
éd. Paul Lechevalier, Paris, t. I, 438 p., t. II, 542 p.
- CORON S., GLANGEAUD L., LETOLLE R., OLIVE P., CHEMINEE J.L. (1964) -
Six profils gravimétriques dans le massif du Mont-Dore.
C.R. Acad. Sci., Paris, t. 259, pp. 4769-4772.
- COX A. (1969) - Geomagnetic Reversals. Science, vol. 163, n° 3864,
p. 237.
- CUSSET G., de LACHAPELLE B. (1961) - Etudes botaniques dans les
Monts Dore. Rev. Sci. nat. Auvergne, n.s., vol. 27,
n° 1-2-3-4, pp. 15-82, vol. 28, n° 1-2-3-4, pp. 15-81.
- DUBOIS G. et C., FIRTION F. (1945) - Caractères micropaléontologiques
du lignite des Egravats en Monts-Dore d'Auvergne.
Bull. Soc. géol. France, 5e sér., 15, p. 72.
- DUIGAN S.L., SPARKS B.W. (1963) - Pollen analyses of the Cromer
Forest Bed Series in East Anglia. With an appendix on
the non-marine Mollusca. Philos. Trans. r. Soc. London,
ser. B, t. 246, n° 729, pp. 149-202, 19 fig., 1 pl. h.t.
- DUPLAIX S. (1958) - Détermination microscopique des minéraux des sables.
Librairie polytechnique Ch. Beranger (Dunod), Paris,
Liège, 2e éd., 96 p.
- DUPLAIX S., BRUN A., BOBIER C. (1971) - Les minéraux lourds de roches
et de projections volcaniques de la région du Mont-Dore.
A paraître dans : Rev. Géogr. phys. Géol. dynam., Paris.

- DURAND S., REY R. (1963) - Les formations à végétaux de Joursac (Cantal) peuvent être datées du Villafranchien par l'analyse pollinique. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 257, pp. 2692-2693.
- DURAND S., REY R. (1964) - Le dépôt de la diatomite de Sainte-Reine (Cantal) débute au Pliocène supérieur et permet de déceler les traces du refroidissement pré-tiglien. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 259, pp. 1978-1980.
- ELHAI H. (1969) - La flore sporo-pollinique du gisement villafranchien de Senèze (Massif Central, France). Pollen et Spores, vol. XI, n° 1, pp. 127-139, 1 tabl.
- ELHAI H., GRANGEON P. (1963) - Nouvelles recherches sur le gisement villafranchien de Senèze (Hte-Loire). Bull. Soc. géol. Fr., (7), n° 5, pp. 483-488.
- ELHAI H., GRANGEON P., RUDEL A. (1963) - Découverte d'un nouveau gisement de plantes fossiles au pont de Cladel, près de Rochefort-Montagne (Puy-de-Dôme). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 256, pp. 4700-4702.
- ELHAI H., RUDEL A. (1961) - Flore pollinique des cinérites du lac Chambon (Puy-de-Dôme). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 253, pp. 2093-2095.
- ELHAI H., RUDEL A. (1965) - Flore pollinique des argiles ligniteuses du pont de Chocor, vallée des Roches Tuilière et Sanadoire (Puy-de-Dôme). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 260, pp. 256-259, 1 tabl.
- ERDTMAN G. (1943) - An introduction to pollen analysis. éd. Ronald press C^{ie}, New-York, 239 p., 15 fig., 10 tabl., 28 pl.

- ERDTMAN G. (1957) - Pollen and Spore morphology. Plant Taxonomy. Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta. Almquist et Wiksell, Stockholm, 151 p., 265 fig.
- ERDTMAN G. (1966) - Pollen morphology and plant taxonomy. Angiospermes. Hafner publishing Company, New-York et Londres, 553 p., 262 fig.
- ERDTMAN G., BERGLUND B., PRAGLOWSKI J. (1961) - An Introduction to a scandinavian pollen flora. Grana Palynologica, vol. II, n° 3, pp. 3-92, 74 pl.
- ERICSON D.B., EWING M., WOLLIN G. (1964) - The Pleistocene epoch in deep-sea sediments. Science, 146, pp. 723-732.
- EVERDEN J.F., CURTIS G.H., KISTLER R. (1957) - Potassium - Argon dating of Pleistocene Volcanics. Quaternaria, vol. 4, p. 1.
- FAEGRI K., IVERSEN J. (1964) - Textbook of modern pollen analysis. Munksgaard Copenhagen, 2e éd., 228 p., VIII pl.
- FERGUSON D.K. (1967) - On the phytogeography of Coniferales in the European Cenozoic. Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., vol. 3, n° 1, p. 73.
- FLORIN R. (1963) - The distribution of Conifer and taxad Genera in time and Space. Acta horti bergiani, t. 20, n° 4, pp. 121-312.
- FLORSCHUTZ F., MENENDEZ AMOR J. (1963) - Analyse palynologique d'un gisement de diatomite au Cantal (Massif Central). Grana Palynologica, vol. 4, n° 3, pp. 452-458.

FOURNIER P. (1961) - Les quatre flores de France. éd. P. Lechevalier, Paris, 1106 p., 8075 fig.

GLANGEAUD L. (1939-1940) - Carte géologique de Clermont-Ferrand au 80 000e (3e éd.). Serv. Carte géol. Fr. (1939) et notice (1940).

GLANGEAUD L. (1943) - Evolution des magmas du massif volcanique du Mont-Dore. Essai d'interprétation géophysique. Bull. Soc. géol. Fr., t. XIII, (5), pp. 419-440.

GLANGEAUD L. (1945) - Quaternaire et Glaciaire du versant sud des Monts Dore et de l'Artense. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 221, pp. 473-475.

GLANGEAUD L. (1968) - Les méthodes de la Géodynamique et leurs applications aux structures de la Méditerranée occidentale. Rev. Géogr. phys. Géol. dynam., Paris, vol. X, fasc. 2, pp. 83-135.

GLANGEAUD L., BOBIER C., DUMESNIL P., LETOLLE R., LEPVRIER C., VIGNERON M. (1965) - Géochronologie et évolution paléomagnétique, géochimique, pétrologique et tectonophysique du massif volcanique du Mont-Dore (France). Bull. Soc. géol. Fr., 7e sér., t. VII, pp. 1010-1025.

GLANGEAUD L., BRUN A., BOBIER C. (1969) - Néotectonique du Mont-Dore (Massif Central français). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 269, pp. 1731-1735.

GLANGEAUD L., BRUN A., BOBIER C., GRANGEON P., IAWORSKY G., de LUMLEY H., LETOLLE R. (1969) - Massif Central et bordure méditerranéenne VIIIe Congrès INQUA Paris, livret-guide A9, 76 p., 35 fig.

- GLANGEAUD L., DUMESNIL P., VIGNERON M. (1965) - Paléomagnétisme et âge absolu des séries volcaniques villafranchiennes du Mont-Dore (France). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 261, pp. 5168-5171.
- GLANGEAUD L., LETOLLE R. (1962) - Evolution géochimique et géodynamique des magmas du massif volcanique du Mont-Dore et de l'Auvergne. Méthodes et conséquences générales. Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr., LXXXV, pp. 296-308.
- GLANGEAUD L., LETOLLE R. (1965) - La théorie des deux magmas fondamentaux dans le volcanisme intracontinental et l'évolution géochimique des laves du Mont-Dore (France). Géol. Rundschau, t. 55, pp. 316-329.
- GLANGEAUD L., SAUVAGE J., MANHES F. (1965) - Stratigraphie et tectonique des formations préligériennes du massif volcanique du Mont-Dore. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 260, pp. 1689-1692.
- GLANGEAUD Ph. (1901-1902) - Révision de la feuille de Clermont-Ferrand au 80 000e. Bull. Serv. Carte géol. Fr., t. XII, n° 80, pp. 35-36, n° 85, pp. 55-56 ; t. XIII, n° 91, pp. 53-58.
- GLANGEAUD Ph. (1916) - Le volcan pliocène du Saut de la Pucelle (Puy-de-Dôme), ses coulées intrusives et ses glaciers. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 162, pp. 257-259.
- GLANGEAUD Ph. (1917a) - Le substratum du massif volcanique du Mont-Dore, ses zones effondrées et ses vallées prévolcaniques. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 164, pp. 110-113.
- GLANGEAUD Ph. (1917b) - Les anciens glaciers du massif volcanique des Monts Dore. Les trois périodes glaciaires sur le versant nord-ouest du Sancy. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 164, pp. 1011-1014.

- GLANGEAUD Ph. (1918) - Le volcan du Sancy. Ses volcans secondaires et ses laves. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 167, pp. 1076-1079.
- GLANGEAUD Ph. (1919a) - Le groupe volcanique Banne d'Ordanche, Puy Loup, Puy Gros, du massif des Monts Dore. Une fracture volcanique et hydrothermale remarquable. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 168, pp. 618-621.
- GLANGEAUD Ph. (1919b) - Le groupe volcanique de l'Aiguillier (Monts Dore). Ses volcans secondaires et périphériques. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 168, pp. 733-735.
- GLANGEAUD Ph. (1919c) - Le groupe volcanique adventif ou de superposition du massif des Monts Dore. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 168, pp. 1157-1159.
- GLANGEAUD Ph. (1919d) - Sur une série d'affleurements permien alignés le long d'une dislocation varisque à Saint-Sauves, Laqueuille et Rochefort (Puy-de-Dôme). C.R. som. Soc. géol. Fr., n° 19, pp. 92-93.
- GLANGEAUD Ph. (1919e) - Sur les dislocations du substratum du massif volcanique des Monts Dore et sur la préparation à l'activité volcanique dans ce massif. C.R. som. Soc. géol. Fr., n° 19, pp. 93-95.
- GLANGEAUD Ph. (1920) - Sur les traces laissées dans le Massif Central français par les invasions glaciaires du Pliocène et du Quaternaire ; étendue et multiplicité de ces invasions. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 171, pp. 1222-1224.
- GLANGEAUD Ph. (1925) - Sur le rôle des volcans secondaires dans le massif des Monts Dore durant les périodes glaciaires. Le volcan-verrou de Saint-Pierre-Colamine (Puy-de-Dôme). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 180, p. 794.

- GRANGEON P. (1958) - Contribution à l'étude de la paléontologie végétale du massif du Coiron (Ardèche) (Sud-Est du Massif Central français). Mém. Soc. Hist. nat. Auvergne, n° 6, 227 p., 7 fig., 43 pl.t., 7 pl. h.t.
- GRANGEON P. (1965) - Découverte d'une flore villafranchienne au Chadeaux, près Collandres, Cantal. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 260, pp. 6162-6164.
- GRANGEON P., RUDEL A. (1959) - Découverte d'un nouveau gisement de plantes d'âge villafranchien, dans la cinérite du lac Chambon (Puy-de-Dôme). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 249, pp. 2594-2595.
- GRANGEON P., RUDEL A. (1962) - Découverte d'un nouveau gisement de plantes fossiles dans les cinérites et argiles à Diatomées de la Gratade, massif du Mont-Dore (Puy-de-Dôme). C.R. Acad. Sci., Paris, t. 254, pp. 2617-2619.
- HEIM J. (1967) - Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale.
Thèse Sci., Louvain, 411 p.
- HORGUES M., ELHAI H., BROUSSE R. (1966) - Première analyse pollinique des terrains volcano-sédimentaires intercalaires du Cantal. C.R. Acad. Sci., Paris, sér. D, t. 263, pp. 1058-1061, 1 fig.
- JEKHOWSKY B. de (1958) - Méthodes d'utilisation stratigraphique des microfossiles organiques dans les problèmes pétroliers.
Rev. Inst. fr. Pétrole, 12, 10, pp. 1391-1418.
- KREMP G. O. W. (1965) - Morphologic Encyclopedia of Palynology.
The University of Arizona Press, Tucson, 185 p., 38 pl.

LACROIX A. (1890) - Sur les enclaves des trachytes du Mont-Dore et en particulier sur leurs enclaves de roches volcaniques.

LACROIX A. (1908) - Les ponces du massif volcanique du Mont-Dore.
C.R. Acad. Sci., Paris, t. 147, pp. 778-782.

LAUBY A. (1910) - Recherches paléophytologiques dans le Massif Central. Bull. Soc. géol. Fr., n° 125, t. XX, 395 p., 14 pl., 1 carte.

de LA VAULX R., MARTY P. (1920) - Nouvelles recherches sur la flore fossile des environs de Varennes (Puy-de-Dôme), avec introduction de Ph. Glangeaud. Rev. gén. Bota., t. 32, pp. 282-300, pp. 327-336, pp. 351-368.

LEMIONNIER J.C. (1960) - Contribution à l'étude du massif du Sancy (Puy-de-Dôme). DES, Paris, 82 p.

LONA F. (1950) - Contributi alla storia della vegetazione e del clima nella Val Padana. Analisi pollinica del giacimento villafranchiano di Leffe (Bergamo). Atti Soc. ital. Sci. nat., vol 89, pp. 123-178, 4 pl.

LONA F., FOLLIERI M. (1957) - Successione pollinica della serie superiore (Gunz - Mindel) di Leffe (Bergamo). Veröff. Geobota. Inst. Rübel in Zürich, fasc. 34, pp. 86-98.

LUQUET A. (1926) - Esquisse phytogéographique du massif des Monts Dore.
Rev. Géogr. alpine, t. XIV, n° 3, pp. 513-571.

LUTTIG G. von, REIN U. (1954) - Das Cromer - (Günz/Mindel-) Interglazial von Bilshausen (Unter - Eichsfeld). Geol. Jb., t. 70, pp. 159-166.

- MANHES F. (1965) - Contribution à l'étude de tufs et cinérites du massif volcanique du Mont-Dore. DES, Paris, 44 p.
- MANHES F., SAUVAGE J. (1969) - Stratigraphie et palynologie des formations prétiigliennes du Mont-Dore : série de Queureuilh. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 268, sér. D, pp. 3157-3159.
- MANHES F., SAUVAGE J. (1971) - Données nouvelles sur des formations pliocènes et quaternaires du Mont-Dore : études stratigraphiques et palynologiques. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 272, pp. 368-369.
- MARTY P., GLANGEAUD L. (1934) - Les dépôts pontiens de la Bourboule et l'âge de la faille de Choussy. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 198, pp. 1440-1442.
- MARTY P., GLANGEAUD L. (1936) - La formation d'âge miocène supérieur de la Bourboule. Mém. Soc. géol. Fr., t. XII, fasc. 1, n° 28, pp. 1-50.
- MEON-VILAIN H. (1970) - Palynologie des formations miocènes supérieures et pliocènes du bassin du Rhône (France). Thèse Sci, Lyon, 167 p., 51 fig., 17 tabl., 15 pl.
- MICHEL LEVY A. (1884) - Sur quelques nouveaux types de roches provenant du Mont-Dore. C.R. Acad. Sci., Paris, XLVIII, p. 1394.
- MICHEL LEVY A. (1890) - Situation stratigraphique des régions volcaniques de l'Auvergne. Bull. Soc. géol. Fr., 3e sér., t. 18, pp. 688-695.
- MICHEL LEVY A. (1899) - Séparation en deux groupes naturels des épanchements volcaniques du Mont-Dore. Caractères distinctifs de leurs magmas et de celui qui a alimenté les éruptions de la chaîne des Puys. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 128, pp. 1078-1082.

- MICHEL LEVY A., LACROIX A. (1909) - Sur l'existence de trachytes quartzifères (bostonites) dans le massif du Mont-Dore. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 148, pp. 1718-1724.
- MICHEL LEVY A., LACROIX A. (1911) - Les matériaux des éruptions rhyolitiques et trachytiques du Mont-Dore. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 152, pp. 1200-1204.
- MONJALLON A. (1958) - Introduction à la méthode statistique. Librairie Vuibert, 2e éd., 279 p.
- PAQUEREAU M.M. (1960) - L'appareil sporifère de Pteridophytes. Sa valeur dans l'étude des sédiments quaternaires. éd. CNRS, 213 p., 51 pl.
- PAQUEREAU M.M., SCHOELLER M. (1959) - Quaternaire et Pliocène de Gulp. Bull. Soc. géol. Fr., 7e sér., t. 1, pp. 79-83.
- PARDE L. (1961-1962) - Les Feuillus. Les Conifères. La Maison rustique, Paris, 392 p. + 304 p.
- PLAISANCE G., CAILLEUX A. (1958) - Dictionnaire des sols. La Maison rustique, Paris, 604 p.
- POKROVSKAIA I.M. (1958) - Analyse pollinique. Ann. Serv. Inform. géol. B.R.G.M., n° 24, 435 p., 58 fig., XVII tabl.
- PONS A. (1964) - Contribution palynologique à l'étude de la flore et de la végétation pliocènes de la région rhodanienne. Thèse Sci., Montpellier, 713 p., 23 fig., 11 dpl. h.t., 3 pl. h.t.
- PONS A. (1968) - Analyse pollinique et datation des argiles de Cornuscles (Ardèche). Ann. Fac. Sci. Marseille, t. XLI, pp. 157-164.

- PONS A. (1969) - Les macroflores quaternaires de France. Extrait :
Etudes françaises sur le Quaternaire (VIIIe Congrès
INQUA, Paris 1969), pp. 85-93.
- PONS A. (1970) - Le pollen. éd. PUF, 2e éd., n° 783, 125 p., 14 fig.
- POULETT SCROPE G. (1827) - Mémoir on the geology of Central France.
Londres.
- PRAGLOWSKY J. (1962) - Notes on the pollen morphology of swedish trees
and shrubs. Grana Palynologica, vol. 3, n° 2, pp. 45-65,
54 pl.
- REY R. (1965) - Deux gisements à plantes du flanc est du massif volca-
nique du Cantal - Sainte-Reine et Joursac. Bull. Soc. géol.
minéral. Bretagne, 1962-1963, n.s., pp. 211-273.
- ROL R. (1962) - Flore des arbres, arbustes et arbrisseaux. 1 - Plaines
et collines. 2 - Montagnes. La Maison rustique, Paris,
1 : 95 p., 2 : 79 p.
- SARGENT C.S. (1933) - Manual of the trees of North America. Houghton
Mifflin Company, Boston et New-York, 910 p.
- SELLE W. (1958) - Das interglazial von Neuenförde. Geol. Jb., t. 76,
pp. 191-198.
- SITTLER C. (1955) - Méthodes et techniques physico-chimiques de prépa-
ration des sédiments en vue de leur analyse pollinique.
Rev. Inst. fr. Pétrole, vol. X, n° 2, pp. 103-113.
- STACHURSKA A. (1961) - Les Juglandacées. Monographiae botanicae, vol. XII.

- THIERGART F. (1940) - Die Mikropaläontologie als Pollenanalyse im Dienst der Braunkohlenforschung. Schr. a. d. Geb. d. Brennstoff-Geologie, 13, 82 p.
- THOMSON P.W., PFLUG H. (1953) - Pollen und Sporen des Mitteleuropäischen Tertiärs. Palaeontographica, Abt. B, t. 94, 138 p., 15 pl.
- TRIAT H. (1969) - Recherches aéropalynologiques au niveau de quelques associations végétales en Basse Provence. Ann. Fac. Sci. Marseille, t. 42, pp. 205-222.
- TROTEL J.F. (1964) - Etude d'un profil de sismique réfraction dans le Massif Central. Thèse 3ème cycle, Paris, 75 p.
- VAN CAMPO-DUPLAN M. (1950) - Recherches sur la phylogénie des Abietinacées d'après leurs grains de pollen. Trav. Labo. forestier Toulouse, t. 2, vol. 4, le sect., art. I, 182 p.
- VAN CAMPO-DUPLAN M. (1953) - Recherches sur la phylogénie des cupressacées d'après leurs grains de pollen. Trav. Labo. forestier Toulouse, t. 2, vol. 4, le sect., 16 p., 4 tabl.
- VAN DER VLERK I.M., FLORSCHUTZ F. (1953) - The palaeontological base of the subdivision of the Pleistocene in the Netherlands. Verhdlg. Kkl. nederl. Akad. Wetensch., afd. nat., 1, t. XX, n° 2, 58 p., 29 tabl., 4 pl.
- VENZO S. (1953) - Stadi della glaciazione del "Donau" sotto al Günz nella serie lacustre di Leffe (Bergamo-Lombardia). Geologica bavarica, n° 19, pp. 74-93.

- VIGNERON M. (1965) - Etude paléomagnétique des dykes et coulées de la région du Mont-Dore. DES, Paris, 38 p., 30 pl., 3 cartes.
- VON POST L. (1946) - The prospect for analysis in the study of the earth's climatic history. New Phytologist, t. 45, pp. 193-217.
- WALTER H., STRAKA H. (1970) - Floristisch - historische Geobotanik Einführung in die Phytologie III/2. éd. Verlag Eugen Ulmer, 478 p., 366 fig., 2 pl.
- WEGENER A. (1928) - La dérive des continents.
- WEST R.G. (1956) - The quaternary deposits at Hoxne, Suffolk. Philos. Trans. r. Soc. London, sér. B, 239, pp. 265-356.
- WEST R.G. (1961) - Interglacial and interstadial vegetation in England. Proc. linn. Soc. London, (1959-1960), 172, pp. 81-89.
- WODEHOUSE R. (1959) - Pollen grains. Their structure, identification and significance in science and medicine. Hafner publishing Co., New-York, 574 p., 123 fig., VI tabl., XIV pl.
- WOLDSTEDT P., REIN U., SELLE W. (1951) - Untersuchungen an nordwestdeutschen Interglazialen. Eisz. Gegenw., 1, pp. 84-96.
- ZAGWIJN W.H. (1957) - Vegetation, climate and time-correlations in the early Pleistocene of Europe. Geol. en Mijnbouw, n.s., 19 jaar., pp. 233-244.
- ZAGWIJN W.H. (1959) - Zur stratigraphischen und pollenanalytischen Gliederung der Pliozänen Ablagerungen im Roertal-Graben und Venloer Graben der Niederland. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., vol. 4, pp. 5-26.

- ZAGWIJN W.H. (1960) - Aspects of the Pliocene and early Pleistocene vegetation in the Netherlands. Med. Geol. Sticht., ser. C, III, 1, n° 5, 78 p., 16 pl.
- ZAGWIJN W.H. (1963a) - Pollen-analytic investigations in the Tiglian of the Netherlands. Med. Geol. Sticht., n.s., n° 16, pp. 49-71, 3 pl.
- ZAGWIJN W.H. (1963) - Pleistocene stratigraphy in the Netherlands based on the changes in vegetation and climate. Verhdlg. Kkl. Nederl. geol. mijnbkdg. gen. Geol., 21 - 2, pp. 173-196.
- ZAGWIJN W.H., ZONNEVELD J.I.S. (1956) - The interglacial of Westerhoven. Geol. en Mijnbouw, n.s., 18, n° 2, p. 37.

Cartes topographiques IGN au 50 000e et au 25 000e de :

BOURG-LASTIC, VEYRE-MONTON, LATOUR d'AUVERGNE, BESSE-EN-CHANDESSE.

Cartes géologiques au 80 000e de :

CLERMONT-FERRAND (3e et 4e éd.), USSEL (2e éd.),
BRIOUDE (3e éd.).

L I S T E D E S F I G U R E S

=====

	Pages
Figure 1 : Répartition géographique du volcanisme français et grandes structures volcanotectoniques du Massif Central.....	6
Figure 2 : Evolution des magmas du massif du Mont-Dore....	8-9
Figure 3 : Structures volcanotectoniques du massif du Mont-Dore.....	10
Figure 4 : Echelle de référence du Plio-Villafranchien <u>/Extrait</u> (modifié) : W.H. ZAGWIJN, 1957.....	28-29
Figure 5 : Diagramme de répartition minéralogique des ro- ches volcaniques du Mont-Dore.....	34
Figure 6 : Coupe passant par le souterrain de Choussy et les sondages hydrothermaux de la Bourboule.....	37
Figure 7 : Carte géologique des environs de la Bourboule..	38-39
Figure 8 : Affleurement sur la route de Vendeix.....	42-43
Figure 9 : Coupes géologiques dans la zone occidentale de la fosse.....	44
Figure 10 : Coupe IV du ravin de l'Eau salée.....	48

Figure 11 : Diagramme de répartition minéralogique des séries de la Bourboule - Vendeix.....	50
Figure 12 : Evolution volcanotectonique et morphologique de la bordure occidentale de la fosse de la Bour- boule.....	52
Figure 13 : Etude comparative des Triporés rencontrés dans les dépôts pliocènes du Mont-Dore.....	59-60
Figure 14 : Route de Guéry.....	131
Figure 15 : Diagramme de répartition minéralogique des séries du Rossignolet et de Queureuilh.....	133
Figure 16 : Affleurement sur la route du Mont-Dore à Latour d'Auvergne.....	137
Figure 17 : Route de Guéry (affleurements 14 - 15 - 16 - 17 - 18).....	143
Figure 18 : Route de Guéry (affleurement 12).....	"
Figure 19 : Route de la Croix Morand.....	147
Figure 20 : Diagramme de répartition minéralogique de la sé- rie de la Tache.....	153
Figure 21 : Reconstitution paléomorphologique de la bordure orientale de la fosse de la Bourboule - le Mont- Dore.....	155
Figure 22 : Coupe V sur la bordure orientale de la fosse.....	"

	Pages
Figure 23 : Coupe VI dans la zone orientale de la fosse.....	157
Figure 24 : Diagramme de répartition minéralogique des formations du Sancy.....	176
Figure 25 : Correspondances paléoclimatiques, géochronologiques et paléomagnétiques dans le Massif Central.	191
Figure 26 : Carte géologique de la fosse de la Bourboule - le Mont-Dore.....	195
Figure 27 : Coupe de synthèse et profils à travers la fosse de la Bourboule - le Mont-Dore.....	197
Figure 28 : Evolution morphotectonique du massif du Mont-Dore et de ses bordures.....	199-200
Figure 29 : Panorama vu de la route de la Croix Morand.....	201-202
Figure 30 : Panorama vu du sommet de la Banne d'Ordanche....	"
Figure 31 : Correspondances des oscillations climatiques dans le Massif Central et en Europe occidentale.	210
Tableau hors-texte.....	215
Cartes hors-texte (six).	

T A B L E D E S M A T I E R E S
=====

	Pages
AVANT-PROPOS.....	1
INTRODUCTION.....	7
P R E M I E R E P A R T I E : M E T H O D O L O G I E	
PREMIER CHAPITRE : <i>PALYNOLOGIE</i>	13
I - METHODE D'ANALYSES. REPRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS.....	"
A) NATURE DES SEDIMENTS ANALYSES.....	"
B) MODE DE PREPARATION DES ECHANTILLONS.....	"
C) REPRESENTATION GRAPHIQUE DES POURCENTAGES. DIAGRAMMES.....	15
1) Les diagrammes dissociés.....	16
2) Les diagrammes cumulatifs.....	17
a) Définition des groupes parasociologiques.	"
b) Intérêt des diagrammes cumulatifs.....	25
3) Les diagrammes de déviations.....	26
II - METHODE DE RAISONNEMENT. INTERPRETATION DES RESULTATS.	27
A) MISE EN EVIDENCE DES SERIES.....	"
B) APPLICATIONS DE LA PALYNOLOGIE A L'ETUDE DES SERIES.....	"
C) APPLICATIONS PALEOCLIMATIQUES DE LA PALYNOLOGIE	28

	Pages
a) Caractéristiques sporo-polliniques.....	56
b) Quelques analyses de morphologie pollinique	57
c) Macroflore des cinérites de la Bourboule...	63
d) Macroflore du niveau supérieur de Fenestre	67
3) Niveau supérieur de la série de la Bourboule - Pliocène B.....	"
4) Comparaison floristique des niveaux inférieur et supérieur.....	69
B) SERIE DE VENDEIX.....	70
1) Localisation des échantillons.....	"
2) Caractéristiques sporo-polliniques.....	"
a) Prétiglien A ou Prétiglien de transition...	71
b) Prétiglien B.....	72
3) Interprétation climatique du diagramme polli- nique de la série de Vendéix.....	75
4) Remarques sur la morphologie pollinique de quelques genres.....	76
TROISIEME CHAPITRE : APPLICATION DES METHODES PALYNOLOGIQUES A LA STRATIGRAPHIE DES FORMATIONS DE MURAT-LE-QUAIRE.....	
	78
QUATRIEME CHAPITRE : COMPARAISON DE LA FLORE DU PLIO-PRETI- GLIEN DU MONT-DORE AVEC CELLE D'AUTRES REGIONS DE FRANCE ET D'EUROPE.....	
	82
A) PLIOCENE.....	"
1) Pays-Bas.....	"
2) Allemagne.....	84
3) France.....	85
a - Vallée du Rhône.....	"

	Pages
b - Cornuscles.....	90
c - Conclusion à l'étude comparative du Pliocène de la vallée du Rhône, de Cornuscles et de la Bourboule.....	91
B) PRETIGLIEN.....	92
1) Pays-Bas.....	"
2) Italie.....	"
3) France.....	94
a - Velay.....	"
b - Cantal.....	96
CINQUIEME CHAPITRE : <i>RELATIONS PALYNOLOGIE - PALEOMAGNETISME - GEOCHRONOLOGIE</i>	98
T R O I S I E M E P A R T I E : B O R D U R E S G R A N I T I Q U E S S E P T E N T R I O N A L E E T O R I E N T A L E D E L A F O S S E D ' E F F O N - D R E M E N T - S E R I E D E C H A M B O N	
I - LOCALISATION DES GISEMENTS ET CARACTERISTIQUES SEDIMENTAIRES	103
1) A l'E de la fosse.....	"
2) Au N de la fosse.....	105
II - ETUDE SPORO-POLLINIQUE.....	"
1) Caractéristiques sporo-polliniques.....	"
2) Analyse de la morphologie pollinique de quelques genres.....	106
III - MACROFLORE DES CINERITES DE LA SERIE DE CHAMBON.....	109
1) Flore des environs de Varennes.....	"

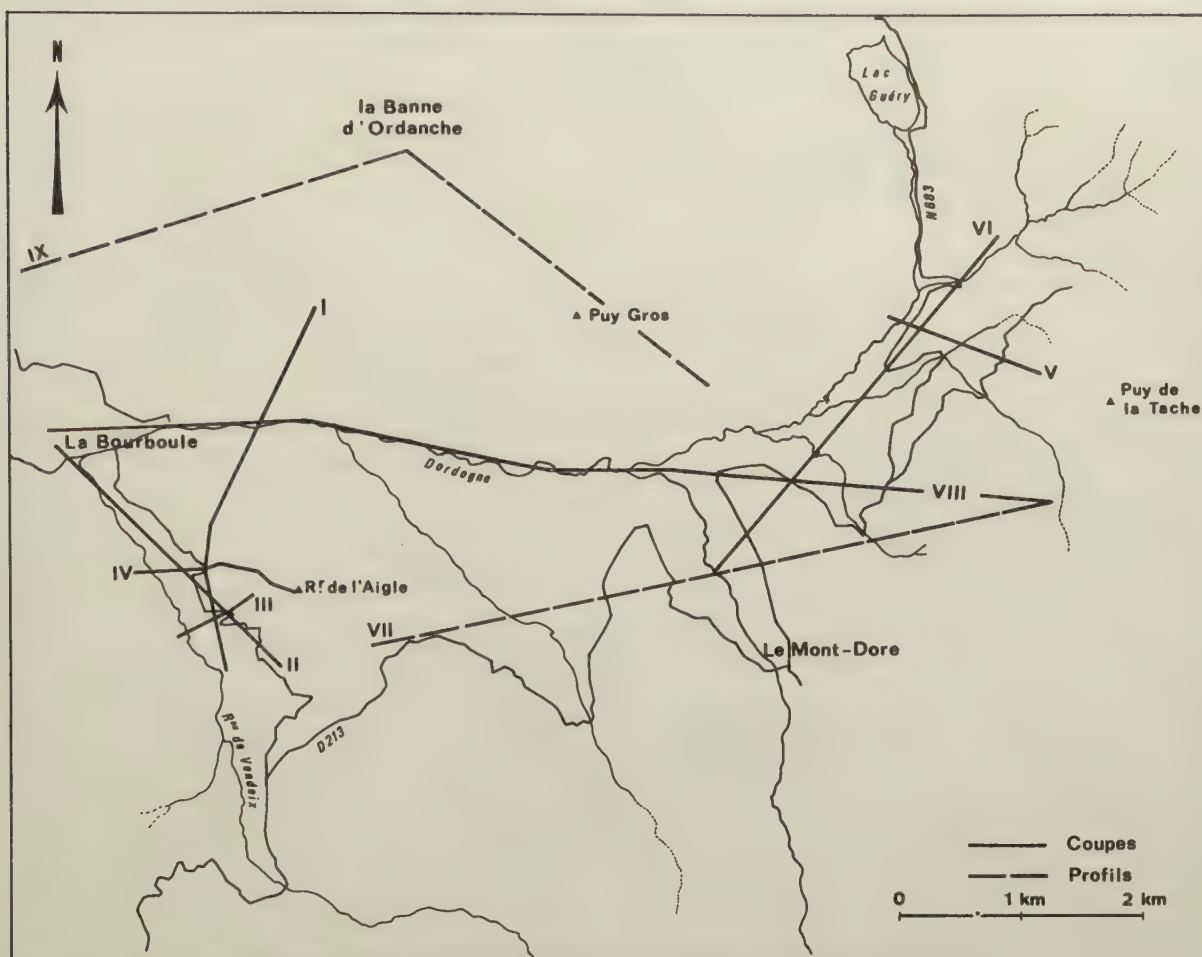
	Pages
2) Macroflore de la Gratade-Chocol.....	110
3) Macroflore du Pont de Cladel.....	111
4) Comparaison des listes de macrofossiles végétaux et de pollens.....	"
IV - AGE RELATIF DES DIFFERENTS GISEMENTS.....	113
V - COMPARAISON DE LA FLORE DU TIGLIEN DU MONT-DORE AVEC CELLE D'AUTRES REGIONS DE FRANCE ET D'EUROPE.....	116
1) Pays-Bas.....	"
2) Italie.....	118
3) France.....	119
a - Velay.....	"
b - Senèze.....	120
c - Cantal.....	122
VI - AGE ABSOLU DE LA SERIE DE CHAMBON.....	125
Q U A T R I E M E P A R T I E : Z O N E O R I E N - T A L E E T M E R I D I O N A L E D E L A F O S S E D E L A B O U R B O U L E - L E M O N T - D O R E	
HISTORIQUE.....	127
PREMIER CHAPITRE : <i>ETUDES LITHOLOGIQUE ET STRATIGRAPHIQUE DES DIFFERENTES SERIES</i>	130
I - SERIE DU ROSSIGNOLET.....	"
A - LITHOLOGIE.....	"
1) Vallée de Guéry.....	"
2) Vallée de la Chaneau-Croix Morand.....	132
3) Vallée de Glamaire et de Barbier.....	134

	Pages
B - MINERAUX LOURDS.....	134
II - SERIE DE QUEUREUILH.....	"
A - FACIES.....	135
B - LOCALISATION - MISE EN PLACE.....	"
C - MINERAUX LOURDS.....	138
III - COMPLEXE VOLCANIQUE SURMONTANT LA SERIE DE QUEUREUILH..	"
IV - SERIE DE LA TACHE.....	139
A - FACIES - LOCALISATION.....	140
1) Niveau inférieur.....	"
a - Route de Guéry.....	"
b - Vallée de la Croix Morand.....	145
2) Niveau supérieur - Alluvions glaciaires.....	146
a - Route de la Croix Morand.....	"
b - Route de Guéry.....	149
c - Coulées.....	150
B - MINERAUX LOURDS.....	151
C - EXTENSION DE LA SERIE DE LA TACHE.....	151
D - RECONSTITUTION PALEOMORPHOLOGIQUE DE LA BORDURE ORIENTALE DE LA FOSSE DE LA BOURBOULE - LE MONT-DORE.....	154
E - COUPE D'ENSEMBLE A TRAVERS LES TROIS SERIES.....	156
DEUXIEME CHAPITRE : <i>ETUDE PALYNOLOGIQUE DES DIFFERENTES SERIES</i>	158
I - SERIE DU ROSSIGNOLET.....	"
1) Localisation des échantillons.....	"

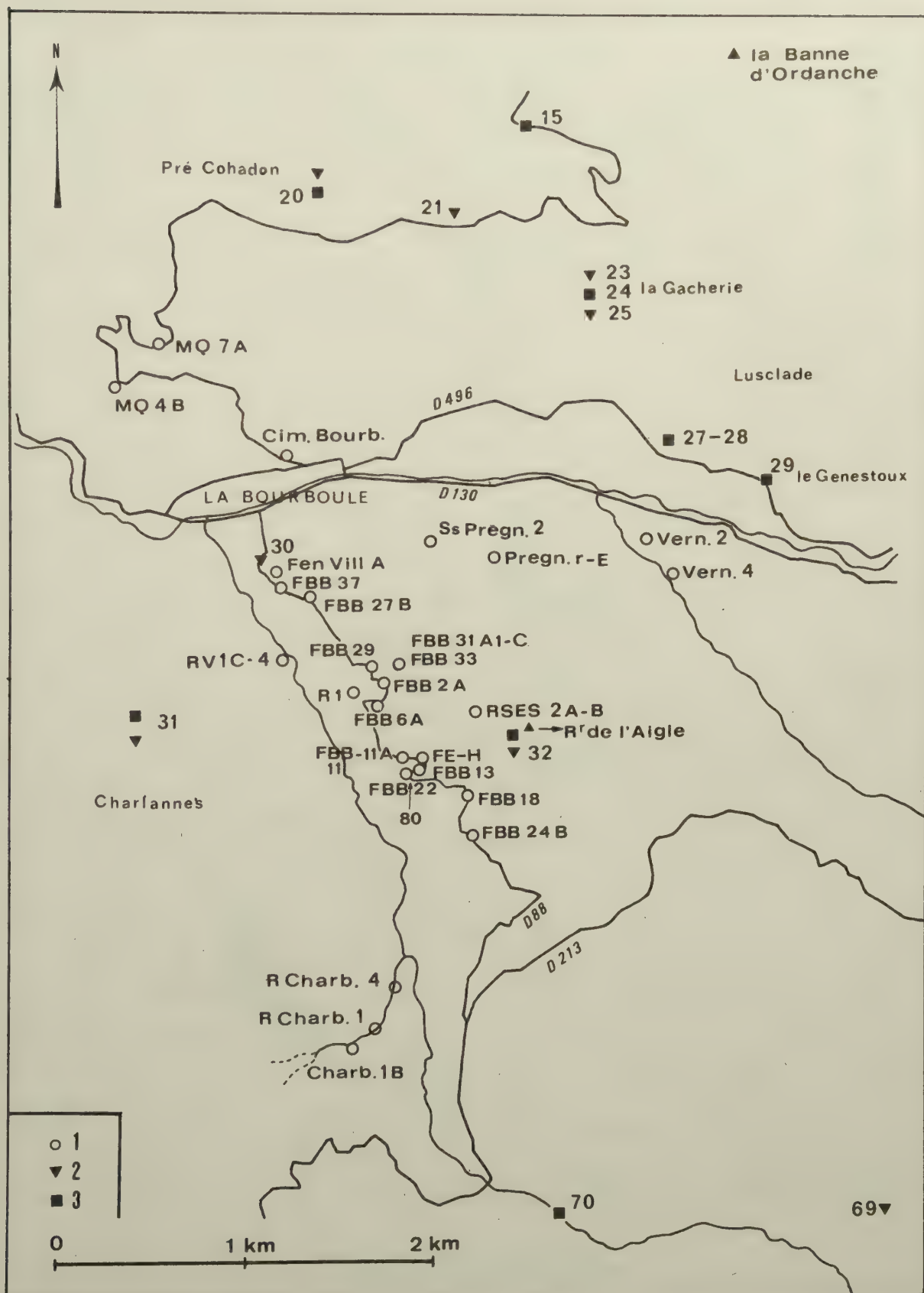
	Pages
2) Caractéristiques sporo-polliniques.....	158
a - Niveau inférieur.....	"
b - Niveau moyen.....	160
c - Niveau supérieur.....	160
II - SERIE DE QUEUREUILH.....	161
1) Localisation des échantillons.....	"
2) Caractéristiques sporo-polliniques.....	162
3) Problème de détermination des Conifères.....	166
4) Cadre géographique, paysage végétal et conditions climatiques au cours du dépôt de la série de Queureuilh.....	167
III - COMPLEXE VOLCANIQUE SURMONTANT LA SERIE DE QUEUREUILH..	168
IV - SERIE DE LA TACHE.....	169
1) Localisation des échantillons.....	"
2) Caractéristiques sporo-polliniques.....	170
3) Morphologie pollinique de quelques genres.....	171
TROISIEME CHAPITRE : <i>MASSIF DU SANCY</i>	173
I - PALYNOLOGIE.....	"
II - MINERAUX LOURDS.....	174
QUATRIEME CHAPITRE : <i>AGE RELATIF DES DIFFERENTES SERIES</i> <i>D'APRES LES DONNEES POLLINIQUES</i>	177

CINQUIEME CHAPITRE : <i>COMPARAISON DE LA FLORE DU VILLAFRANCHIEN SUPERIEUR ET DU TIGLIEN TERMINAL DU MONT-DORE AVEC CELLE D'AUTRES REGIONS DE FRANCE ET D'EUROPE</i>	179
I - VILLAFRANCHIEN SUPERIEUR.....	"
A - PAYS-BAS.....	"
B - ITALIE.....	180
C - FRANCE.....	182
1) Senèze.....	"
2) Velay.....	183
II - TIGLIEN TERMINAL.....	184
SIXIEME CHAPITRE : <i>RELATIONS PALYNOLOGIE - PALEOMAGNETISME - GEOCHRONOLOGIE</i>	186
1) Critères stratigraphiques et palynologiques.....	"
2) Critères de paléomagnétisme et de géochronologie..	"
C I N Q U I E M E P A R T I E : S Y N T H E S E S	
I - GEOLOGIE DE LA FOSSE D'EFFONDREMENT.....	194
II - SYNTHESE PALEOMORPHOLOGIQUE ET RECONSTITUTION VOLCANO- TECTONIQUE DU MASSIF VOLCANIQUE DU MONT-DORE ET DE SES BORDURES.....	"
III - LES GLACIATIONS DANS LE MASSIF DU MONT-DORE.....	201

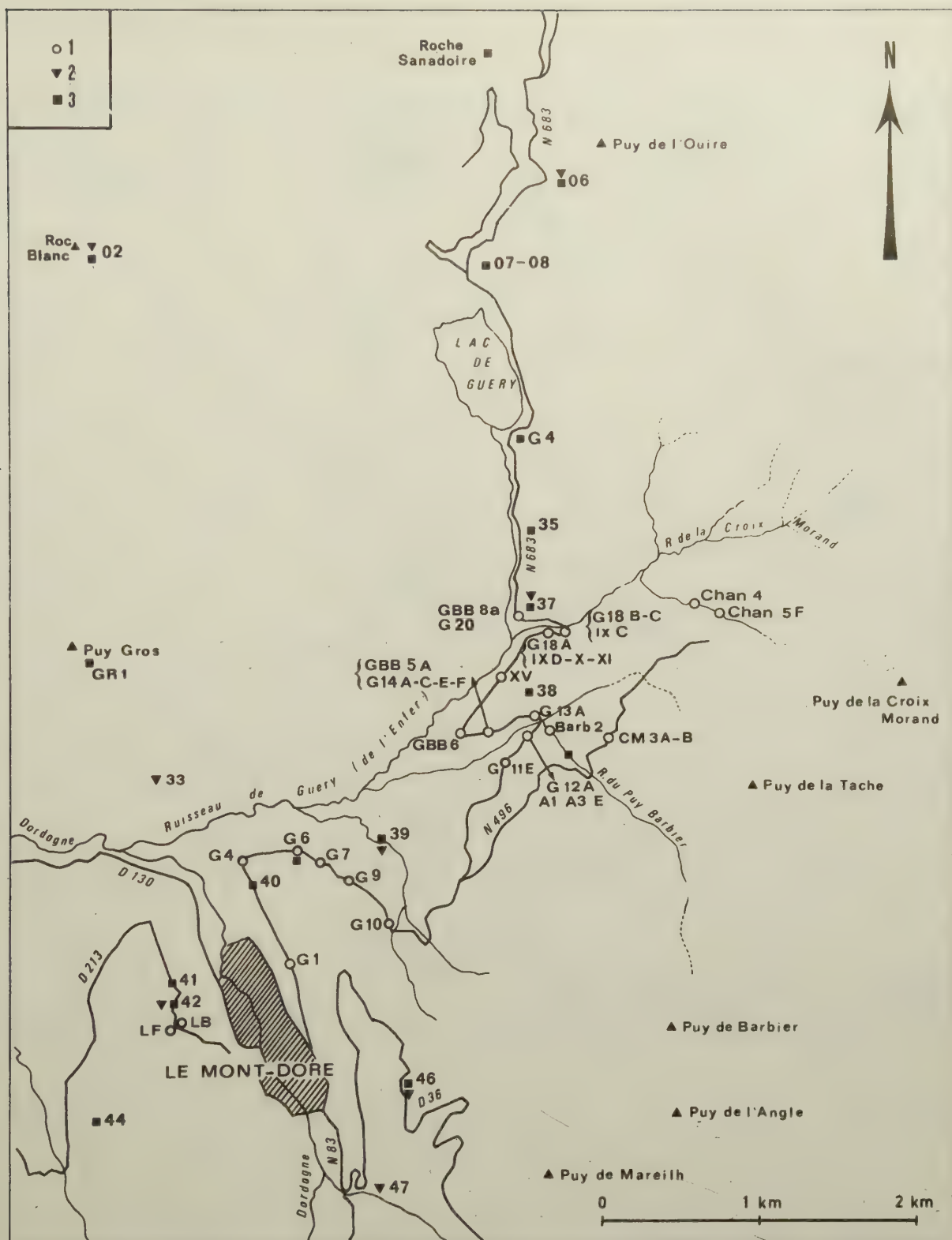
	Pages
IV - SYNTHESE FLORISTIQUE - PALEOCLIMATOLOGIQUE DU PLIO-VIL- LAFRANCHIEN DU MONT-DORE.....	203
A - SYNTHESE PALYNOLOGIQUE.....	"
1) Fréquence des groupes parasociologiques de AP.....	"
2) Fréquence des types exotiques.....	204
3) Paysage végétal au cours du Plio-Villafran- chien.....	206
B - RECONSTITUTION PALEOCLIMATIQUE ET PALEOPHYTO- GEOGRAPHIQUE DU MONT-DORE.....	"
C - CORRESPONDANCE DES OSCILLATIONS CLIMATIQUES DANS LE MASSIF CENTRAL ET EN EUROPE OCCIDENTALE	209
CONCLUSION GENERALE.....	212
BIBLIOGRAPHIE.....	216
LISTE DES FIGURES.....	233



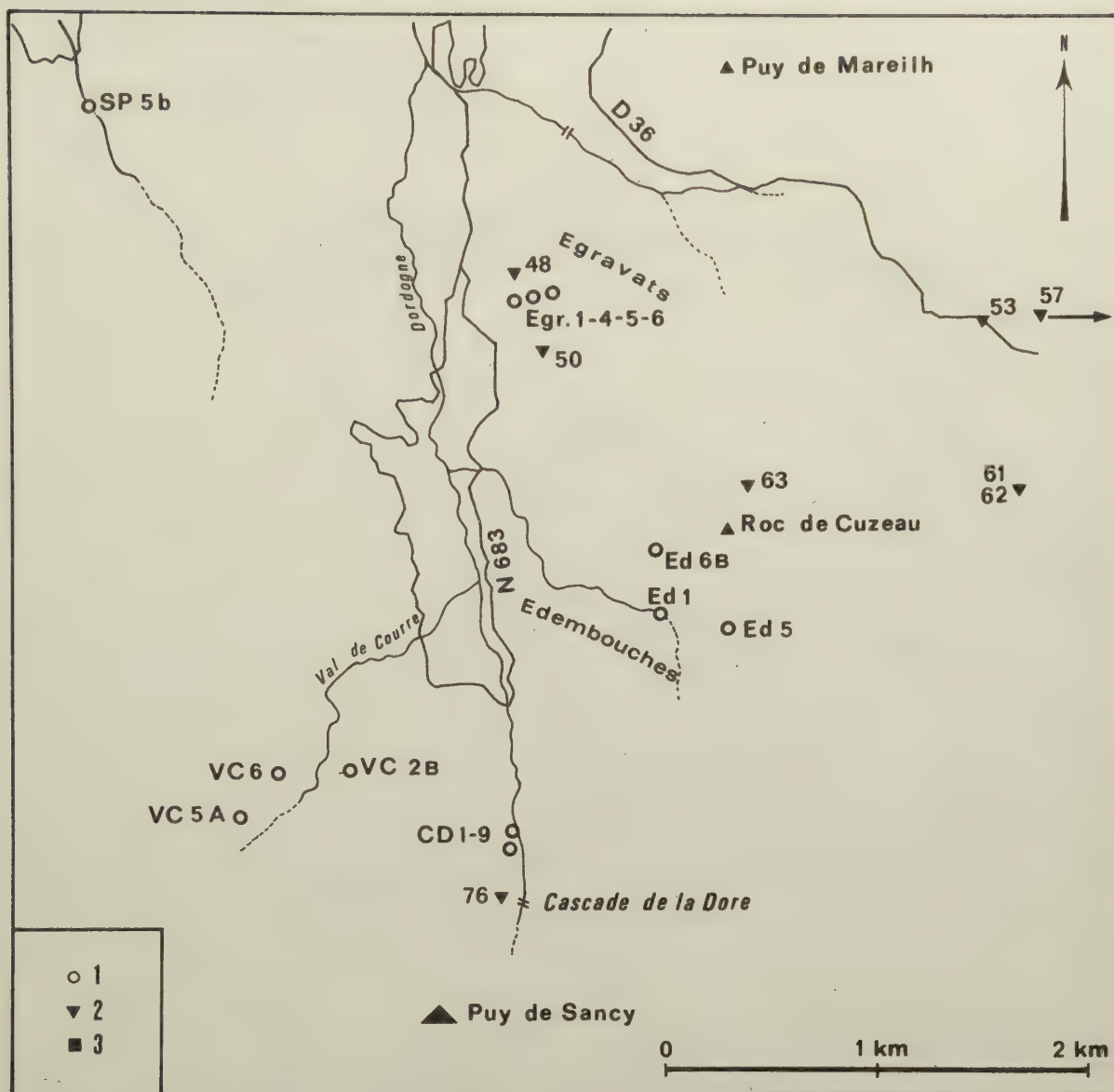
Carte 1 : Localisation des coupes géologiques et des profils.



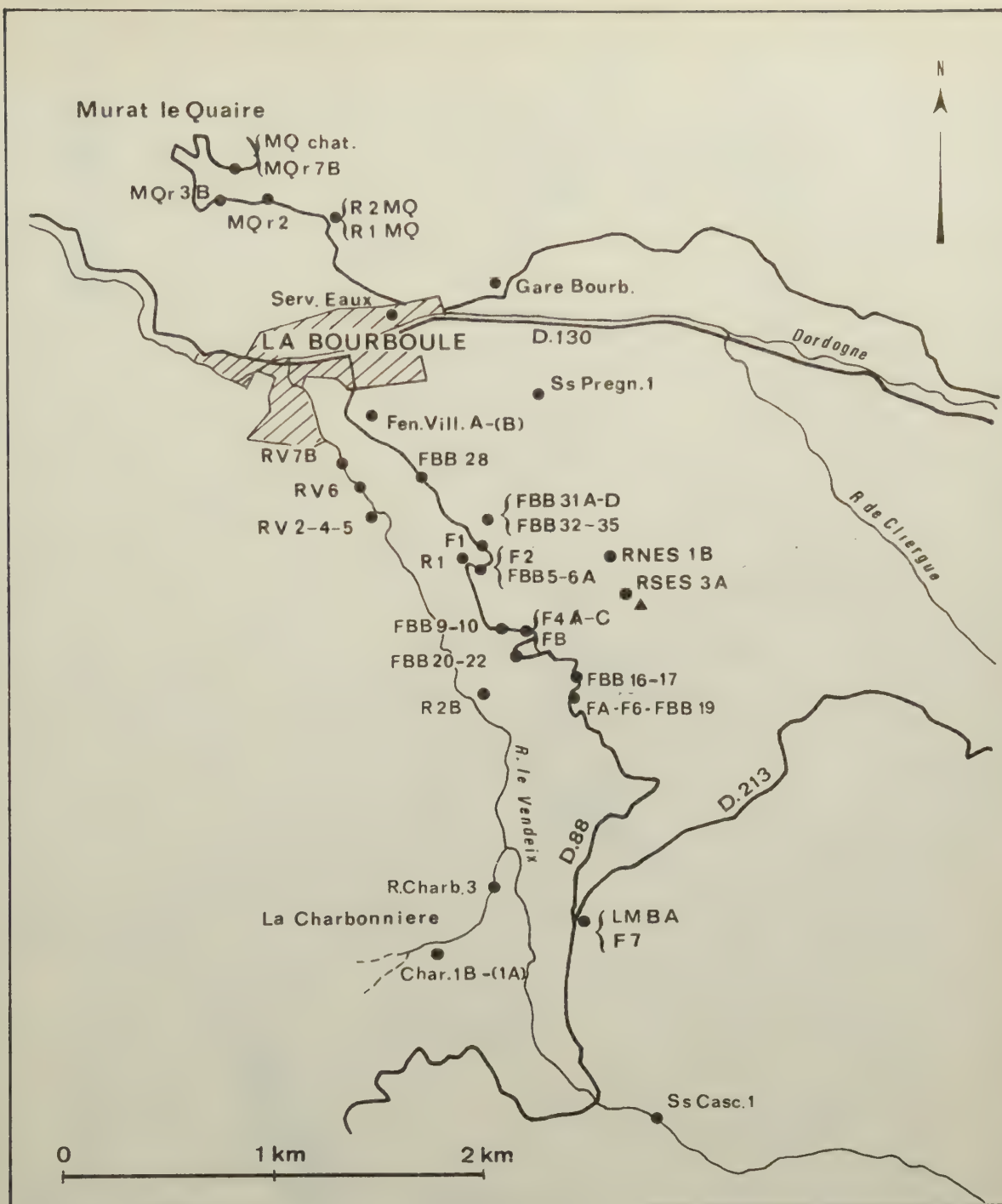
Carte 2 : Localisation des échantillons pour minéraux lourds (1 : projections ; 2 : roches), paléomagnétisme et (ou) géochronologie (3).



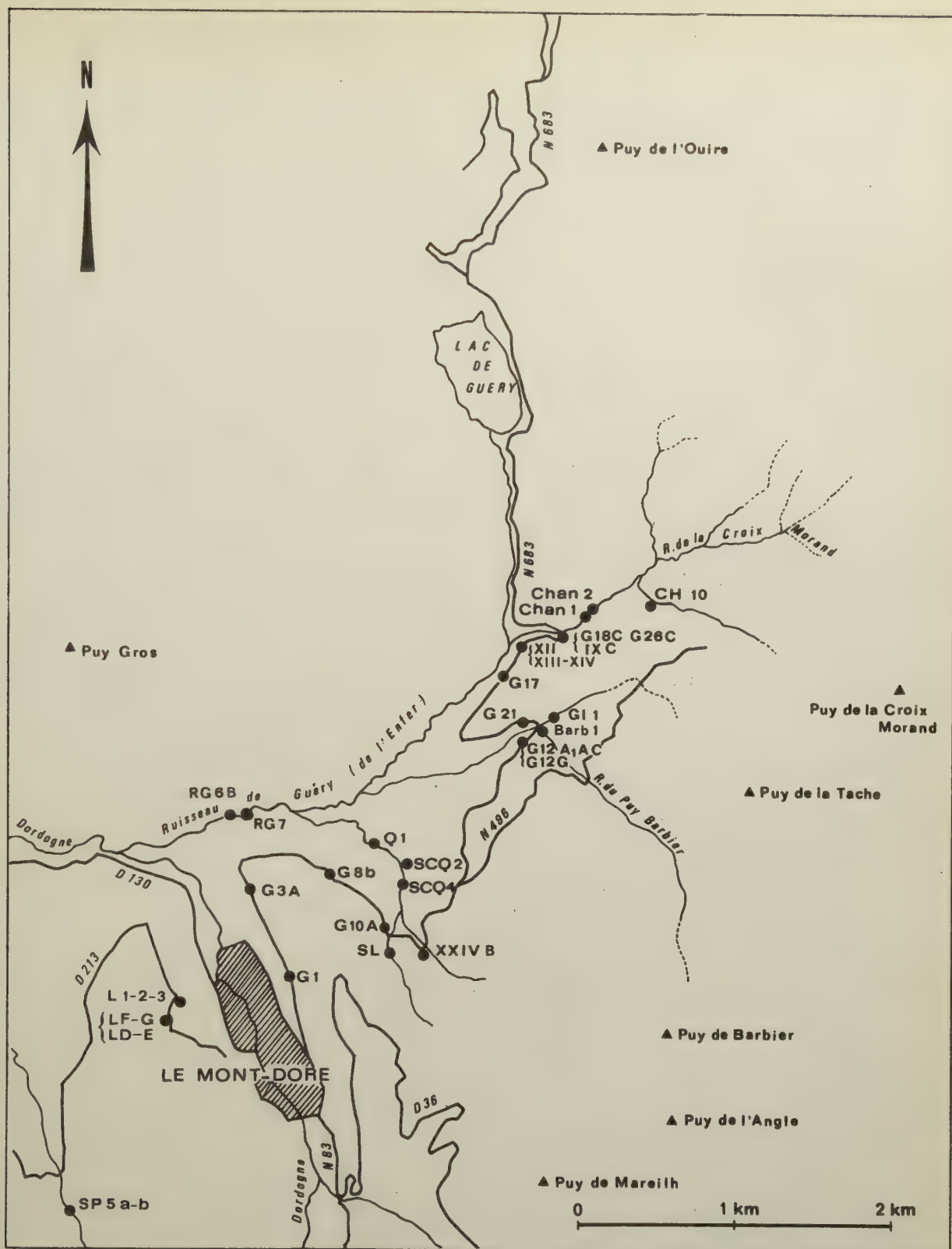
Carte 3 : voir légende carte 2.



Carte 4 : voir légende carte 2.



Carte 5 : Localisation des échantillons pour analyse pollinique.



Carte 6 : Localisation des échantillons pour analyse pollinique.

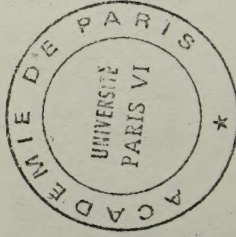
PERMIS D'IMPRIMER

DOCTORAT : . . . d . . E . T . A . T
THESE DE : . . . ES - SCIENCES NATURELLES

NOM : . . . B . R . U . N
Prénoms : . . . Annick Marie-Claude
née le 15 MARS . . 19 36 à . . . LYON . . (RHONE) Dép^t : . . .

1ère THESE : " LES APPLICATIONS DE LA PALYNOLOGIE A L'ETUDE
GEODYNAMIQUE DU MASSIF VOLCANIQUE DU MONT DORE. "

2e THESE (Propositions faites par l'Université) :
.
.
.



Vu et Approuvé
PARIS, le . . 22. AVRIL 1971
Le Président
de l'Université de PARIS VI

